

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Aparate electrice și automatizări

MANUAL PENTRU CLASA A XI-a, LICEE
CU PROFIL DE ELECTROTEHNICĂ
ȘI MATEMATICĂ - ELECTROTEHNICĂ
ȘI ȘCOLI PROFESIONALE

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI, 1986

Manualul a fost receditat după ediția 1980, elaborată conform programei școlare aprobate de Ministerul Educației și Învățământului cu nr. 3448/1979.

Referenți: dr. ing. Valeriu Stanciu
ing. prof. Corina Soave

Redactor: ing. Maria Beluri
Tehnoredactor: Otto Paraschiv Necșoru
Copertă: Dumitru Negrescu

Partea întâi

APARATE ELECTRICE

Capitolul 1

INTRODUCERE ÎN FUNCȚIONAREA ȘI CONSTRUCȚIA APARATELOR ELECTRICE

A. ROLUL ȘI IMPORTANȚA APARATELOR ELECTRICE

În cadrul acestui manual sînt tratate aparatele electrice de comutație (conectare și deconectare) și aparatele electrice de protecție, utilizate în domeniul producerii, transportului și distribuției energiei electrice.

Ele se găsesc în numeroase variante constructive și funcționale în toate instalațiile electrice îndeplinind, în circuitele dintre sursele de energie și receptoare, funcții de deosebită importanță:

- închiderea, deschiderea sau comutarea circuitelor electrice;
- supravegherea și protecția instalațiilor și receptoarelor (împotriva suprasarcinilor, scurtcircuitelor, supratensiunilor etc.).

În țara noastră, asimilarea în fabricația de serie a aparatelor electrice a început în primii ani ai construcției socialiste.

Sub conducerea *Partidului Comunist Român*, o dată cu dezvoltarea întregii industrii, s-a dezvoltat într-un ritm rapid și industria electrotehnică și, în cadrul ei, producția de aparataj electric. S-au înființat numeroase întreprinderi care s-au specializat și dezvoltat pe parcurs și care, datorită intensei activități desfășurate pentru asimilarea de noi produse și pentru diversificarea producției, pot acoperi astăzi practic tot necesarul economiei naționale de aparataj electric de joasă și înaltă tensiune.

Principalele întreprinderi producătoare sînt: *Electroputere* — Craiova, pentru aparataj electric de înaltă tensiune; *Electroaparataj* —

București, pentru întrerupătoare automate, contactoare, contactoare cu relec, echipamente de tracțiune; *Întreprinderea de aparataj electric de instalații* — Titu; *Întreprinderea de contactoare* — Buzău; *Electrocontact* — Botoșani, pentru aparataj antigrizotos și antiexploziv, comutatoare cu carne, limitatoare; *Electromagnetica* — București, pentru relec; *Întreprinderea de mașini electrice* — București, pentru aparataj de pornire etc.

B. MĂRIMILE CARACTERISTICE ALE APARATELOR ELECTRICE

Principalele mărimi caracteristice, reprezentând și criteriile de clasificare sînt: numărul de poli, felul curentului, tensiunea și curentul nominal etc.

Se vor prezenta în continuare cîteva caracteristici mai importante.

• **Tensiuni nominale.** Distingem *tensiunea nominală de izolare*, *tensiunea nominală de utilizare* legată de diferiți curenți nominali de utilizare și *tensiunea nominală de comandă* pentru care este dimensionat dispozitivul de comandă al aparatului. Cele mai mari tensiuni de utilizare și de comandă nu pot depăși valoarea tensiunii nominale de utilizare.

De exemplu, un contactor poate avea tensiunea nominală de izolare de 660 V, tensiunea nominală de utilizare de 550 V la 40 A și 380 V la 63 A și tensiunea nominală de comandă de 220 V.

Pentru circuitele polifazate, tensiunea de utilizare și tensiunea de izolare se exprimă prin tensiunea între faze.

Tensiunile nominale de izolare standardizate sînt:

— pentru aparatele de joasă tensiune:

60, 250, 380, 500, 660, 800, 1 000 V c.a.

60, 250, 440, 600, 800, 1 200 V c.c.

— pentru aparatele de înaltă tensiune:

6, 10, 20, 110, 220, 420, 765 kV

Tensiunile nominale de utilizare standardizate sînt:

— 34, 36, 48 (42), 60, 110 (127), 220 sau 250, 380, 440, 500, 660, 750, 1 000 V c.a.

— 24, 48, 60, 110 (120), (127) 220 sau 250, 440, 600, 800, 1 200 V c.c.

Valorile date cu cifre îngroșate sînt tensiunile de comandă standardizate.

• **Curenți nominali.** Se disting *curentul nominal termic* pe care aparatul îl poate suporta timp de 8 h fără ca încălzirea diferitelor sale părți să depășească limitele admisibile și *curentul nominal de utilizare*

stabilit de constructor în funcție de tensiunea nominală de utilizare și de alți parametri.

Curenții nominali termici standardizați pentru aparatele de joasă tensiune sînt: 2; 2,5; 3,15; 4 (5); 6,3; (8); 10; (12,5); 16; 20; 25; 31,5; 40; (50); 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400 (500); 630; 800; 1 000; 1 250; 1 600; 2 000; 2 500; 3 150; 4 000 A.

• **Capacitatea de comutație.** La aparatele de joasă tensiune, capacitatea de comutație se exprimă prin *curentul de rupere*, cel mai mare curent pe care aparatul este capabil să îl întrerupă sub o tensiune dată, și prin *curentul de închidere*, cel mai mare curent pe care aparatul îl poate stabili sub o tensiune dată. Se dau în valori efective.

La aparatele de înaltă tensiune se folosesc noțiunile de *putere de rupere*

$$P_r = \sqrt{3} U_n I_r \text{ [MVA]} \quad (1.1)$$

și *putere de închidere*:

$$P_i = \sqrt{3} U_n I_i \text{ [MVA]}, \quad (1.2)$$

unde:

U_n este tensiunea nominală, în kV;

I_r — curentul de rupere, în kA;

I_i — curentul de închidere, în kA.

• **Servicii nominale.** *Serviciul continuu (de durată)* este cel în care contactele principale ale aparatului sînt străbătute de curent fără întrerupere, un interval de timp mai mare de 8 h.

Serviciul intermitent este caracterizat printr-o succesiune atît de frecventă de conectări și deconectări încît în timpul în care aparatul este închis, el nu atinge temperatura maximă, iar în timpul în care este întrerupt, nu atinge temperatura ambiantă.

Serviciul de scurtă durată este serviciul în care contactele principale ale aparatului sînt străbătute de curent un timp insuficient de lung pentru a permite atingerea temperaturii maxime, dar timpul de întrerupere este suficient de lung pentru a permite atingerea temperaturii ambiante.

• **Frecvența de conectare** este dată de relația

$$f_c = \frac{3600}{t_c} \quad (1.3)$$

unde t_c este durata unui ciclu.

- Durata relativă de conectare se calculează cu formula

$$D_A = \frac{t_a}{t_c} = 100\%, \quad (1.4)$$

unde durata unui ciclu este $t_c = t_a + t_p$ (unde t_p este timpul de lucru și t_p — timpul de întrerupere).

Verificarea cunoștințelor

- 1.1. Ce funcții îndeplinesc aparatele electrice în instalații?
- 1.2. Ce tipuri de aparate de conectare cunoașteți?
- 1.3. Ce întreprinderi din București fabrică aparate electrice?
- 1.4. Ce se înțelege prin tensiune de comandă?
- 1.5. La ce curenți trebuie încercat un întreruptor automat de 100 kV și 2 500 MVA?
- 1.6. Care este frecvența de conectare a unui aparat la care durata relativă de conectare este de 60% și timpul de întrerupere — de 1,2 s?

Capitolul 2

SOLICITĂRILE LA CARE SÎNT SUPUSE APARATELE ELECTRICE

În funcționarea aparatelor, atât în condiții normale de serviciu cit și în caz de avarii, fiecare dintre elementele componente este supus unor anumite solicitări, la care trebuie să reziste în bune condiții, timp de 10—20 ani, fără a fi necesare alte intervenții ale personalului de exploatare decît cele prevăzute a se face cu ocazia reviziilor periodice.

Așa cum se știe de la „Tehnologia lucrărilor electrotehnice” — cl. a XI-a, aceste solicitări sînt:

— *solicitarea electrică* a izolațiilor, provocată de prezența tensiunii pe căile de curent;

— *solicitarea termică* a căilor de curent și a pieselor învecinate acestora ca urmare a trecerii curentului electric;

— *solicitarea mecanică* a căilor de curent și a pieselor de susținere a acestora, sub acțiunea forțelor electrodinamice provocate de curenții de scurtcircuit;

— *solicitările termice și mecanice, provocate de arcul electric;*

— *uzura mecanică* a pieselor în mișcare;

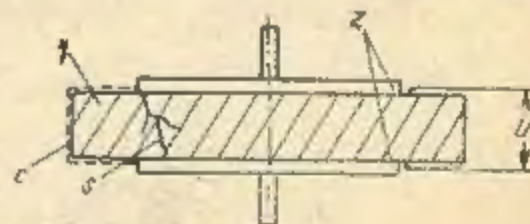
— *solicitările provocate de acțiunea mediului* în care lucrează aparatul (căldură, umezeală, vapori corosivi, praf, lovituri etc.).

A. SOLICITĂRI ELECTRICE

Solicitarea electrică este cea la care este supus un izolant electric atunci cînd două regiuni ale sale se află la potențiale diferite (fig. 2.1).

Tensiunea U aplicată între cele două regiuni tinde să formeze o cale conductoare de curent, fie prin străpungerea, fie prin conturnarea izolantului (se numește *străpungere* formarea unui canal conducător

Fig. 2.1. Solicitarea electrică a unui izolant — reprezentare schematică:
1 — izolant; 2 — electrozi; U — tensiune aplicată; c — linie de conturare pe suprafața izolantului; s — linie de străpungere prin izolant.



de electricitate prin interiorul unui izolan solid, lichid sau gazos și *conturare* — formarea unui canal conducător pe suprafața unui izolan solid).

Pentru a rezista în bune condiții solicitărilor electrice, piesele izolante ale aparatelor electrice se prevăd cu nervuri și canale care măresc distanța pe suprafața piesei între punctele sub tensiune. Pentru a fi eficiente, trebuie ca înălțimea nervurilor, respectiv lățimea canalelor, să fie mai mare de 2 mm.

B. SOLICITĂRI TERMICE

Trecerea curentului electric prin conductoare determină încălzirea acestora, încălzirile fiind mari în locurile în care secțiunea căii de curent este redusă (siguranțe fuzibile) sau rezistivitatea acesteia este mai mare (bimetale, rezistențe).

De asemenea, în locurile de contact, prin care curentul electric trece între două piese, încălzirea locală este mai mare decât în restul piesei, mergând în unele cazuri de defect până la apariția unor puncte de topire.

Încălzirea exagerată a pieselor nu poate fi admisă deoarece ea influențează negativ asupra proprietăților izolante și a duratei de viață a izolanților, asupra rezistenței mecanice a pieselor metalice, asupra elasticității resorturilor etc., motiv pentru care temperaturile maxime admisibile sînt prescrise prin standarde.

Procesul de încălzire a căilor conductoare de curent se desfășoară simultan cu procesul de răcire a acestora prin transmiterea unei părți a căldurii primite către piesele învecinate sau către mediul ambiant.

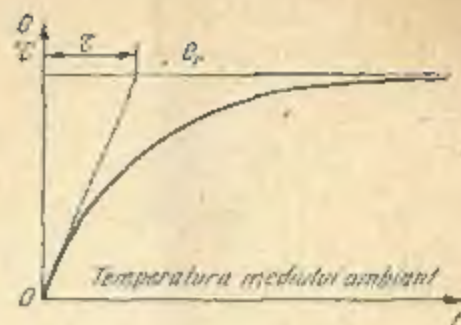
• Transmiterea căldurii se realizează de regulă simultan prin *conducție* (trecerea căldurii în interiorul corpurilor solide de la zonele calde la cele reci), prin *convecție* (curenți de fluid formați în lichide și gaze datorită diferențelor de temperatură) și prin *radiație* (emisie de energie termică sub formă de unde electromagnetice).

Puterea totală transmisă mediului ambiant se aproximează cu o relație simplă:

$$P_t = KA\theta, \quad (2.1)$$

unde: K este coeficientul de transmisie totală a căldurii:
 (6—14) 10^{-4} W/cm² grd pentru piese în aer;
 (7—9) 10^{-2} W/cm² grd pentru piese în ulei;

Fig. 2.2. Variația în timp a încălzirii unui conductor străbătut de curent.



A este suprafața de răcire, în cm²;

θ — încălzirea conductorului (supratemperatura sa față de temperatura mediului ambiant), în grade.

Datorită răcirii, încălzirea în timp a conductorului ca urmare a acumulării puterii primite prin efect Joule-Lenz ($P_p = RI^2$) se desfășoară în serviciul de durată după o curbă conform figurii 2.2, în care se vede că creșterea temperaturii este din ce în ce mai lentă, obținându-se după un anumit timp (teoretic infinit, dar practic egal cu câteva minute până la câteva ore în funcție de masa corpului) o *stabilizare a temperaturii* la o valoare maximă, numită *temperatură de regim*.

Atingerea acestei valori corespunde momentului în care din puterea primită nu se mai acumulează nimic, ea fiind în întregime cedată mediului ambiant.

Din relația de egalitate $P_p = P_r$ sau $RI^2 = KA\theta$, rezultă valoarea supratemperaturii de regim:

$$\theta_r = \frac{\rho}{K} \frac{I^2}{s p} = \frac{\rho}{K} \frac{s}{p} j^2, \quad (2.2)$$

în care:

ρ este rezistivitatea, în Ω cm;

s — secțiunea conductorului, în cm²;

p — perimetrul conductorului, în cm;

j — densitatea de curent, în A/cm².

• Temperatura conductorului se obține adunând încălzirea θ cu temperatura mediului ambiant θ_a .

Valoarea τ din figura 2.2, obținută la intersecția tangentei la curbă (la $t = 0$) cu asimptota la curbă (la $\theta = \theta_r$), reprezintă timpul în care conductorul ar atinge încălzirea de regim în condițiile în care nu ar ceda deloc căldură.

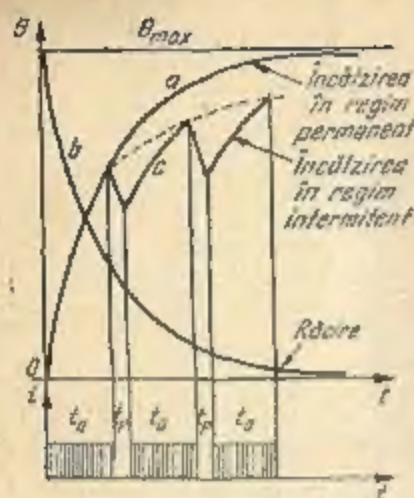


Fig. 2.3. Incalzirea unui conductor in regim de functionare intermitent:
a — curba de incalzire; b — curba de racire;
c — variatia incalzirii in regim intermitent;
i — curentul ce strabate conductorul.

Această valoare, numită *constantă de timp*, caracterizează posibilitățile de încălzire și de răcire ale conductorului. Timpul total de atingere a temperaturii de regim este aproximativ egal cu 3τ .

În serviciul intermitent, în care perioadele de încălzire alternează cu perioada de răcire (fig. 2.3), încălzirea maximă atinsă (θ_{max}) este mai mică decât cea obținută în serviciul de durată la trecerea aceluiași curent.

Cu aproximație, $\theta_{max} = \theta_r \cdot D_A$, unde D_A este durata relativă de conectare definită anterior (v. rel. 1.4).

În cazul curenților de scurtcircuit, de foarte mare intensitate, dar de foarte scurtă durată, se poate considera că întreaga energie primită este acumulată în calea de curent (conductor).

Rezultă valoarea aproximativă a încălzirii conductorului la scurtcircuit:

$$\theta_{sc} = \frac{\rho}{\gamma c} j^2 t, \quad (2.3)$$

unde:

- c — este căldura specifică a materialului conductorului, în $Ws/g \cdot \text{grad}$;
- γ — greutatea specifică a materialului, în g/cm^3 ;
- j — densitatea de curent a scurtcircuitului de durată, în A/cm^2 ;
- t — durata scurtcircuitului, în s.

În tabelul 2.1 sînt dați cîțiva parametri fizici pentru o serie de materiale conductoare și rezistive.

Tabelul 2.1

Parametrii fizici ai materialelor conductoare și rezistive

Materiale	Masa specifică γ (g/cm^3)	Rezistivitatea ρ la $20^\circ C$ ($\Omega \cdot cm$)	Coefficientul de temperatură al rezistivității α_p ($1/grad$)	Conductivitatea termică λ ($W/cm \cdot \text{grad}$)	Căldura specifică volumetrică γc ($Ws/cm^3 \cdot \text{grad}$)
Argint	10,5	$1,65 \cdot 10^{-6}$	$4,42 \cdot 10^{-3}$	4,18	2,60
Cupru	8,93	$1,78 \cdot 10^{-6}$	$4,39 \cdot 10^{-3}$	3,93	3,76
Aluminiu	2,7	$2,90 \cdot 10^{-6}$	$4,00 \cdot 10^{-3}$	2,10	2,40
Oțel	7,86	$(10-25) \cdot 10^{-6}$	$5,00 \cdot 10^{-3}$	0,65	3,60
Zinc	7,14	$6,4 \cdot 10^{-6}$	$4,00 \cdot 10^{-3}$	1,10	2,73
Alamă	8,5	$(6-8) \cdot 10^{-6}$	$2,00 \cdot 10^{-3}$	1,10	3,20
Constantan (54 Cu, 46 Ni)	8,96	$50 \cdot 10^{-6}$	$-0,01 \cdot 10^{-3}$	0,22	3,63
Manganină (84 Cu, 4 Ni, 12 Mn)	8,3	$43 \cdot 10^{-6}$	$-0,01 \cdot 10^{-3}$	0,22	3,40
Nichelină (67 Cu, 31 Ni, 2 Mn)	8,9	$40 \cdot 10^{-6}$	$0,20 \cdot 10^{-3}$	—	3,34
Crom-nichel (62 Ni, 15 Cr, 23 Fe)	8,15	$110 \cdot 10^{-6}$	$0,13 \cdot 10^{-3}$	0,13	3,74
Fontă cenușie	7,6	$80 \cdot 10^{-6}$	$1,10 \cdot 10^{-3}$	—	2,70

C. SOLICITĂRI ELECTRODINAMICE

În regim normal de funcționare a aparatelor, solicitările mecanice datorate forțelor electrodinamice sînt mici. În cazuri de accidente însă, în instalație pot să apară curenți de scurtcircuit de mii și zeci de mii de amperi, asupra căilor conductoare de curent ale aparatelor se exercită forțe de atracție sau respingere de mii sau chiar zeci de mii de newtoni, ceea ce solicită mecanic întregul aparat și, îndeosebi, căile conductoare de curent și izolația de susținere a acestora.

În cazul a două conductoare paralele străbătute respectiv de curenți I_1 și I_2 , forțele sînt de atracție cînd curenții sînt de același sens și de respingere cînd curenții sînt de sensuri contrare (fig. 2.4, a și b).

- Valoarea forțelor electrodinamice este dată de relația

$$F = 2 I_1 I_2 \frac{l}{a} \cdot 10^{-3} \text{ [daN]} \quad (2.4)$$

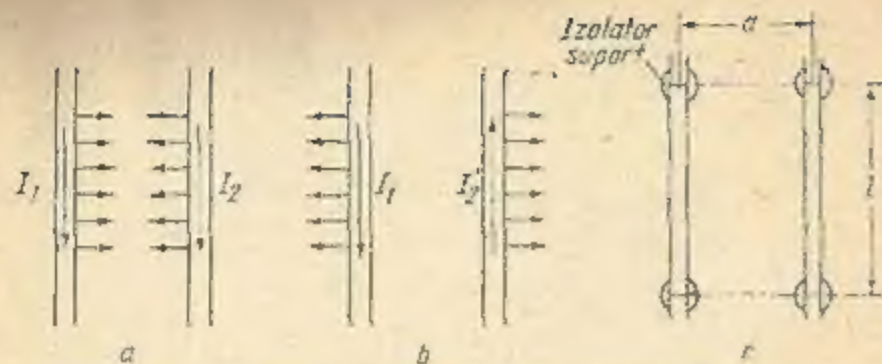


Fig. 2.4. Forțe electrodinamice între conductoare paralele:

a — curenți în același sens; b — curenți în sens contrar; c — bare conductoare de curent susținute de izolatoare-suport.

sau, dacă $I_1 = I_2 = I$:

$$F = 2I^2 \frac{l}{a} \cdot 10^{-8} \text{ [daN]}. \quad (2.5)$$

în care:

I este curentul de scurtcircuit de șoc^{*} care străbate cele două conductoare, în A_{max} ;

l — lungimea de conductor luată în considerație (de exemplu, distanța dintre două izolatoare-suport);

a — distanța dintre conductoare (fig. 2.4, c) (l și a se exprimă în aceleași unități).

• Defecțiile cele mai frecvent întâlnite, provocate de efectul forțelor electrodinamice, sînt:

— îndoirea conductoarelor și, prin aceasta, reducerea distanțelor de izolare;

— slăbirea legăturilor și chiar desprinderea conductoarelor din legături;

— slăbirea presiunii pe contacte, care poate determina sudarea contactelor;

— distrugerea prin solicitare mecanică a izolatoarelor-suport;

— deschiderea separatoarelor sub sarcină, lucru deosebit de grav, care poate produce scurtcircuite în instalație și deteriorări importante ale acesteia;

— deformarea bornelor.

* amplitudinea primei alternanțe a curentului de scurtcircuit.

D. SOLICITĂRI DATORATE MEDIULUI ÎN CARE LUCREAZĂ APARATELE

În timpul funcționării lor, aparatele electrice sînt puternic influențate de acțiunea diferiților agenți fizici, cum sînt: umiditatea, praful, radiațiile solare, vaporii corosivi etc. Aceștia, acționînd asupra unor elemente sensibile ale aparatelor, pot determina funcționarea necoresctă sau scoaterea lor din funcțiune.

1. Condiții normale de mediu

Cea mai mare parte a aparatelor se construiesc pentru a funcționa în condiții normale, adică în aer, într-un mediu cu următoarele caracteristici (conform STAS 553/3-80):

- altitudinea: pînă la 2 000 m;
- temperatura mediului înconjurător: cuprinsă între -15°C și $+40^{\circ}\text{C}$ (media zilnică nedepășind 35°C);
- umiditatea relativă a mediului înconjurător: maximum 90% la temperatura de 20°C sau 50% la temperatura de 40°C ;
- lipsă de praf și agenți corosivi.

• Aparat de înaltă tensiune se construiesc, în funcție de locul de utilizare, chiar pentru „condiții normale” de mediu, în două variante:

— aparate destinate să funcționeze în interiorul clădirilor (construcții „de interior”);

— aparate destinate să funcționeze în aer liber (construcții „de exterior”).

Aparatele de exterior, fiind supuse acțiunii directe a intemperiilor (ploaie, zăpadă, chiciură), acțiunii radiațiilor solare, a vîntului și a unor depuneri mai bogate de praf, au izolația exterioară dimensionată mai larg și o construcție mai robustă (la care se iau, de asemenea, măsuri de protecție împotriva pătrunderii în aparat a apei de ploaie, împotriva efectului radiațiilor solare și a unor variații mai mari de temperatură).

• Aparatele de joasă tensiune se pot construi în multe variante de protecție. Gradele de protecție au fost normalizate.

Simbolizarea gradelor normale de protecție se face (conform STAS 3999-75) prin literele IP urmate de trei cifre caracteristice, caracterizînd fiecare dintre ele protecția la o anumită solicitare:

— prima cifră, care poate lua valori între 0 și 6, simbolizează grade normale de protecție împotriva pătrunderii corpurilor solide și a prafului.

lui și de protecție a persoanelor împotriva electrocutării prin atingerea pieselor sub tensiune;

— a doua cifră, care poate lua valori între 0 și 8, simbolizează grade normale de protecție împotriva pătrunderii apei;

— a treia cifră, care poate lua valori între 0 și 5, simbolizează grade normale de protecție împotriva solicitărilor mecanice.

De exemplu, un aparat pe care este marcată protecția IP-442 este astfel construit încît:

- în aparat nu pot pătrunde corpuri străine avînd dimensiuni peste 1 mm;
- în aparat nu poate pătrunde apă sau alte lichide sub formă de stropi, indiferent de direcția din care vin acestea;
- aparatul suportă, fără deteriorări, căderea pe aparat a unei greutăți de 0,5 kg de la o înălțime de 40 cm deasupra acestuia.

2. Condiții speciale de mediu

Există numeroase situații în care condițiile de utilizare a aparatelor electrice ies din cadrul condițiilor normale:

- temperaturi ale mediului mai mari decît 40°C sau foarte joase (sub -5°C);
- altitudine la locul de utilizare peste 2 000 m;
- atmosferă încărcată cu praf industrial;
- prezență de pulberi sau gaze inflamabile ori explozive;
- climat diferit de cel temperat (diferit de „condițiile normale”, care corespund în linii mari climatului temperat din Europa).

Aceste condiții de mediu determină solicitări deosebite ale aparatului electric și, de aceea, pentru astfel de utilizări se elaborează construcții speciale, dintre care se menționează cele de mai jos.

• *Aparate destinate să funcționeze în climat normal, dar în încăperi cu umiditate mărită* (băi, pivnițe, grajduri, instalații tehnologice în care se produce abur etc.). Aceste aparate se introduc în carcase etanșe. Se folosesc anumiți izolanți rezistenți la umiditate și se iau măsuri deosebite de protecție a pieselor metalice împotriva coroziunilor.

• *Aparate destinate să funcționeze în mediu cu aer marin* (aparate „în construcție navală”). Atmosfera din zona mărilor solicită foarte sever aparatul electric, deoarece atmosfera umedă și sărată favorizează coroziunea pieselor metalice și înrăutățește mult comportarea pieselor electroizolante. Se iau măsuri de protecție a metalelor împotriva coroziunii și se folosesc aliaje rezistente la acțiunea corosivă a apei de mare, cum sînt bronzul și aluminul.

• *Aparate destinate să funcționeze la altitudini de peste 2 000 m* sau în instalații electrice la bordul avioanelor. La altitudini mai mari

de 2 000 m se face simțită influența rarefierii aerului, care determină:

- reducerea tensiunii de utilizare;
- înrăutățirea condițiilor de răcire;
- modificarea, la altitudini de peste 6—7 000 m, a condițiilor de stingere a arcului electric.

• *Aparate destinate să funcționeze în medii conținînd pulberi sau gaze explozive*. Arcul electric care se formează în mod normal la funcționarea aparatelor de întrerupere, sau cel care se poate forma în caz de accidente prin străpungerea sau conturarea unei izolații imperfecte, poate provoca incendii sau explozii grave, dacă atmosfera este încărcată cu substanțe inflamabile sau explozive. Astfel de situații se întîlnesc în minele de cărbuni, în care există pericolul de apariție a gazului „grizu” (amestec de metan cu aer), în instalațiile de extragere, prelucrare și depozitare a produselor petroliere și în multe instalații din industria chimică. Aparatele antiexplozive se marchează cu simbolul general Ex (STAS 6877/1-73).

Dintre diferite procedee care urmăresc să evite aprinderea amestecului exploziv, mai importante sînt *imersiunea în ulei* (simbol O) și *capsularea antideflagrantă* (simbol d).

Capsularea antideflagrantă este soluția cea mai frecvent folosită. Ea constă în închiderea aparatului într-o carcasă metalică rezistentă la presiunea maximă ce poate apărea în cazul unei explozii în interiorul aparatului. De asemenea, carcasa metalică a aparatului este astfel construită încît gazele din interior, aprinse în momentul apariției arcului electric, sînt aruncate în afară prin interstiții foarte înguste, care determină o răcire puternică a gazelor și împiedică astfel transmiterea exploziei în exterior. Lățimea și lungimea interstițiului au valori impuse prin norme și variază în funcție de volumul carcasei și de natura mediului exploziv (fig. 2.5);



Capacitatea I	Presiunea p at	Lățimea a mm min
< 0,5	5	8
0,5 - 2	6	15
> 2	8	25

Fig. 2.5. Dimensiunile interstițiului și presiunea de încercare a carcaselor aparatelor antiexplozive, în funcție de capacitatea carcasei (1 at = $1,01326 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$).

• *Aparate destinate să funcționeze în climatul țărilor calde (climat tropical).* Materialele izolante folosite și acoperirile pieselor metalice se aleg în funcție de tipul climatului tropical:

— *climat tropical umed (TH),* caracterizat prin temperatură și umiditate mare, variații mari de temperatură între zi și noapte și micro-organisme (mușgaiuri, ciuperci);

— *climat tropical uscat (TA),* caracterizat prin temperaturi înalte, radiații solare puternice, furtuni de nisip.

• *Aparate destinate să funcționeze în medii foarte friguroase (con-diții simbolizate cu „F”),* caracterizate prin temperaturi foarte joase (-60°). Aparatele trebuie construite cu materiale speciale și locurile de frecare trebuie unse cu unsori siliconice.

Verificarea cunoștințelor

- 2.1. Ce deosebire este între conștință și străpungeră?
- 2.2. La ce tensiune se încarcă un aparat de 35 kV? Dar unul de 110 kV?
- 2.3. Stabiliți relația de calcul pentru încălzirea maximă a unui conductor de secțiune circulară de diametru d .
- 2.4. Stabiliți relația de calcul pentru încălzirea maximă a unui conductor de secțiune rectangulară $a \times b$.
- 2.5. Determinați încălzirea maximă a unei bare de alamă cu diametrul de 20 mm, la trecerea unui curent de 600 A, știind că $\rho = 8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$; $K = 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{grd}$.
- 2.6. Ce curent poate străbăta în regim permanent o bară de cupru de $20 \times 4 \text{ mm}$, astfel încât încălzirea ei să nu depășească 120 grd , știindu-se că $\rho = 2 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$ și $K = 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{grd}$?
- 2.7. Ce temperatură va căpăta o bară de aluminiu cu diametrul de 20 mm în timp de 2,5 s, la o densitate de curent de scurtcircuit de 49 A/mm^2 , știindu-se că $\rho = 3 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$; $\gamma_c = 4 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{grd}$; $\theta_a = 20^{\circ}\text{C}$?
- 2.8. Care sînt modulele de transmitere a căldurii?
- 2.9. Ce energie este transmisă mediului exterior într-o zi de un aparat cu o suprafață de răcire de $1,25 \text{ m}^2$ la o diferență de temperatură de 30 grd , știindu-se că valoarea coeficientului mediu de transmisie totală este $K = 8 \cdot 10^{-4} \text{ W/cm}^2 \cdot \text{grd}$?
- 2.10. Ce forță se exercită între două bare paralele cu lungimea de 2 m situate la distanța de 39 cm, la un curent de scurtcircuit de durată (stabilizat) $I_d = 60 \text{ kA}$, știindu-se că valoarea curentului de scurtcircuit de soc este $I_k = 1,8\sqrt{2} I_d$?
- 2.11. Ce efect pot avea forțele electrodinamice?
- 2.12. Ce reprezintă a doua cifră din simbolizarea gradelor normale de protecție?
- 2.13. Sînt aparatele în execuție antidiflagrantă etanșe sau nu?

ARCUL ELECTRIC DE ÎNTRERUPERE

A. IONIZAREA ȘI DEIONIZAREA GAZELOR. CARACTERISTICA VOLT-AMPER A ARCULUI ELECTRIC

Atomul oricărui corp este format dintr-un *nucleu* și din mai mulți *electroni* care se rotesc în jurul acestuia.

Electronul este încărcat cu electricitate negativă, iar nucleul — cu electricitate pozitivă. În condiții normale, cantitatea de electricitate negativă a tuturor electronilor unui atom compensează cantitatea de electricitate pozitivă a nucleului acestuia, astfel încît, față de mediul exterior, atomul este neutru din punct de vedere electric.

Dacă însă printr-un procedeu oarecare i se smulge atomului un electron, sarcina electrică a atomului nu mai este nulă (atomul nu mai este neutru din punct de vedere electric) și el apare ca fiind încărcat cu o anumită cantitate de electricitate pozitivă. Un astfel de atom se numește *ion pozitiv*.

• *Orice proces prin care se realizează smulgerea electronilor de pe orbitele lor, cu formarea de electroni liberi și ioni pozitivi, poartă numele de ionizare.*

Un gaz în care au apărut electroni liberi și ioni devine *ionizat*. În această stare, gazul își pierde proprietățile izolante și devine conducător de electricitate, conductivitatea sa fiind cu atît mai mare, cu cît gazul este mai puternic ionizat.

La aparatele electrice, ionizarea se produce în special pe două căi:

— prin ciocnirea unui electron avînd viteză (și deci energie cinetică) mare cu un atom pentru (*ionizare prin soc*);

— sub acțiunea temperaturilor foarte înalte (*ionizare termică*).

La separarea sub sarcină a contactelor unui aparat electric, datorită diferenței de potențial dintre contacte și încălzirii mari a punctelor de contact în momentul intreruperii, se produce o ionizare puternică a aerului, care devine bun conducător de electricitate și permite formarea între contacte a unui arc electric prin care curentul continuă să circule.

• *Descărcarea prin arc se caracterizează prin ionizare intensă a spațiului (ionizarea termică este predominantă), emisie de electroni din metalul catodului (datorită încălzirii sale și cîmpului electric mare între coloană și catod), temperatura foarte înaltă a coloanei arcului și*

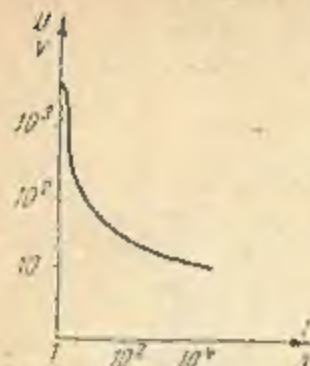


Fig. 3.1. Caracteristica tensiune-curent a unei descărcări prin arc.

a capetelor acestuia (6 000 ... 7 000°C), luminozitate extrem de intensă a coloanei, caracteristică tensiune-curent* (volt-ampere) negativă (fig. 3.1).

• În spațiul dintre contacte se petrec însă, în același timp cu procesele de ionizare, și procese inverse, de deionizare, prin care se reduce numărul de particule ionizate.

Astfel de procese de deionizare sînt:

— recombinația între electronii liberi și ioni pozitivi, formîndu-se astfel atomi neutri;

— ieșirea electronilor din spațiul de descărcare și împrăștierea lor în spațiul înconjurător.

Datorită temperaturii foarte mari a arcului electric, efectele sale sînt foarte puternice și duc la solicitări importante ale pieselor învecinate (atît metalice, cît și izolante). Au loc topiri ale pieselor de contact, ceea ce duce la uzura lor și arderi ale pieselor izolante, ale căror caracteristici se înrăutățesc.

Stingerea arcului electric într-un timp cît mai scurt pentru a limita efectele sale este o problemă deosebită pentru constructorii de aparate.

B. METODE ȘI DISPOZITIVE DE STINGERE A ARCULUI ELECTRIC

Stingerea arcului electric în aparatele de comutație urmărește frînarea proceselor de ionizare și favorizarea celor de deionizare.

Favorizarea proceselor de deionizare se realizează îndeosebi prin:

— folosirea unor contacte de rupere din materiale cu punct de vaporizare cît mai ridicat;

— menținerea unei presiuni ridicate în zona în care se dezvoltă arcul electric;

— răcirea spațiului în care se dezvoltă arcul electric;

— deplasarea arcului electric, prin suflaj magnetic, în zone cu gaze reci sau în contact cu pereții reci ai unei „camere de stingere”;

— însuflarea în zona arcului electric a unui jet de gaz sau lichid rece;

— folosirea gazelor electronegative (hexafluorura de sulf) care au proprietatea de a fixa electroni pe atomii neutri, formînd ioni negativi cu mobilitate mult mai redusă;

— folosirea stingerii în vid înaintat.

* căderea de tensiune în arc în funcție de mărimea curentului.

1. Stingerea arcului de curent continuu

În ceea ce privește arcul de curent continuu, se constată următoarele:

— în coloana de arc căderea de tensiune este uniformă și are o valoare cuprinsă între 15 și 30 V/cm, în funcție de mărimea curentului, natura, presiunea și viteza de deplasare a gazului;

— în imediata apropiere a electrozilor, apare o cădere de tensiune de 20—30 V, în funcție de valoarea curentului și de materialul electrozilor.

Rezultă că se poate exprima căderea de tensiune în arc prin relația

$$U_a = A + Bl,$$

în care:

U_a este căderea de tensiune între electrozi, în V;

$A = 20 \dots 30$ V — cădere de tensiune lângă electrozi;

$B = 15 \dots 30$ V/cm — căderea specifică de tensiune în coloana de arc;

l — lungimea arcului, în cm.

Pentru stingerea arcului de curent continuu este necesară o cădere de tensiune în arc egală cu cel puțin tensiunea sursei. Mărirea necesară a căderii de tensiune în arc se poate obține pe una dintre următoarele căi:

— creșterea lungimii arcului, care se obține prin folosirea unor prelungiri inclinate ale contactelor, numite coarne de suflaj (fig. 3.2):

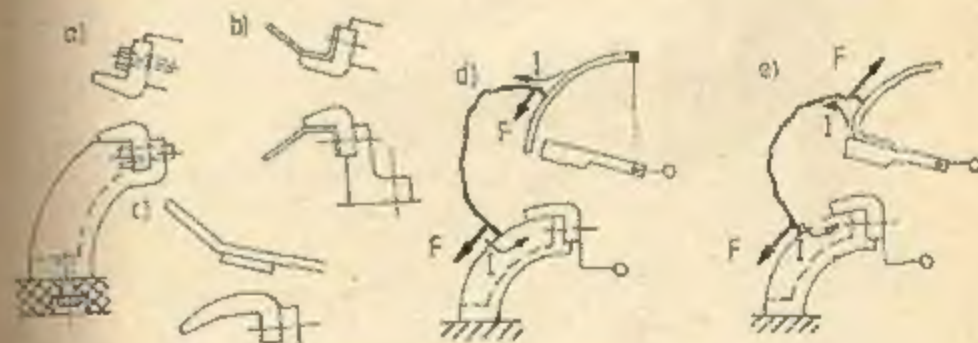


Fig. 3.2. Coarne de suflaj:

a, b, c — diverse tipuri constructive; d — legarea incorectă a cornului; e — legarea corectă a cornului.



Fig. 3.3. Dispozitiv de stingere a arcului de c.c. prin suflaj magnetic
a - perete metalic care adăesează câmpul magnetic perpendicular pe arc
b - arcul electric.

este creat chiar de curentul care străbate aparatul și care trebuie întrerupt (fig. 3.3).

Toate metodele de stingere a arcului de c.c. menționate mai sus sunt combinate cu răcirea coranilor de arc prin adăugarea în contact a acestora cu un perete rece. În acest scop se folosesc camerele de stingere care îmbracă contactele și care sunt astfel construite încât să interzică înghețul în care arcul electric este obligat să intre, venind în contact cu pereții camerei.

2. Stingerea arcului de curent alternativ

Arcul electric de curent alternativ se descrie de cel de curent continuu prin următoarele aspecte:

valoarea curentului care străbate circuitul se schimbă în fiecare moment, oscilând între o valoare maximă pozitivă și o valoare maximă negativă

la fiecare semiperioadă curentul trece prin valoarea zero și polaritatea acestuia se schimbă

Deoarece trecerea naturală a curentului prin zero, mijloacele de stingere folosite în aparatele de c.a. își exercită acțiunea în special în această perioadă restabilind prin ionizarea spațiului de arc rigiditatea dielectrică a acestuia și împiedicând astfel readorșirea arcului electric.

În felul acesta, stingerea arcului electric de c.a. se obține cu o distanță mult mai mare între contacte și cu degajare mult mai mică de energie decât stingerea arcului electric de c.c.

Metodele folosite pentru stingerea arcului de curent alternativ sunt:
— divizarea arcului într-un mare număr de arcuri scurte în camerele de stingere cu plăcuțe deionice (fig. 3.4). Acestea, fiind din oțel,

își creează un câmp magnetic cu efect de atracție asupra arcului electric, ceea ce face ca la majoritatea aparatelor de joasă tensiune să nu mai fie necesar și un suflaj magnetic.

suflajul magnetic, folosit numai aproape numai la unele aparate de medie tensiune în combinație cu un grătar de protecție.

Utilizarea mediilor de stingere

- solide: nisipul de cuarț, sticlă, ceramice,
- lichide: uleiul sau apa
- gaze: aerul comprimat, azotul, dioxidul de carbon, sulfura de carbon, gazul de sulf produs în stațiile de gaze, ca amoniacul sau fibra, etc.

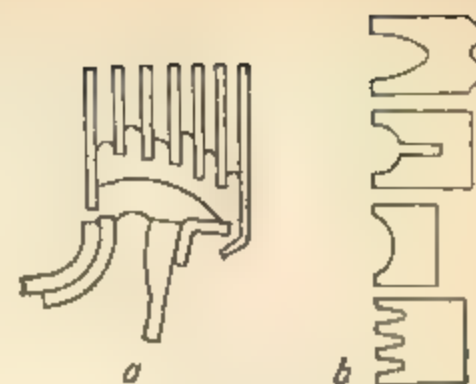


Fig. 3.4. Cameră de stingere cu plăcuțe deionice;
a - secțiune prin cameră, b - diferite forme de plăcuțe folosite la camerele de stingere ale contactelor și întreruptoarelor automate de c.a.

Verificarea cunoștințelor

1. Care sunt metodele de ionizare?
2. Care sunt caracteristicile descrierii prin arc?
3. Ce factori favorizează deionizarea spațiului de arc?
4. Ce metode se folosesc pentru stingerea arcului electric de curent continuu?
5. Ce metode se folosesc pentru stingerea arcului electric de curent alternativ?
6. În ce caz crește mai mult căderea de tensiune în arc când se dublează distanța de 11 mm între contacte sau când se dublează numărul arcurilor de rupere, admițând valori de $U = 22 \text{ V}$, $R = 20 \text{ V/A}$?

APARATE PENTRU COMANDĂ MANUALĂ

În instalațiile electrice sunt folosite numeroase tipuri de aparate de joasă tensiune cu acționare manuală, atât la închidere cât și la deschidere, ele servesc namant la stabilirea și întreprinderea unor circuite, neavând rol de protecție.

Se pot împărți în:

aparate de conectare, întreruptoare și comutatoare cu pîrghie, pachet și cu came, separatoare, întreruptoare de sarcină, întreruptoare cu siguranță, prize și fișe industriale;

aparate pentru acționarea mașinilor electrice: comutatoare stea-triunghi, inversoare de sens, autotransformatoare de pornire, reostate de pornire și excitație, controlere;

— aparate pentru instalații interioare.

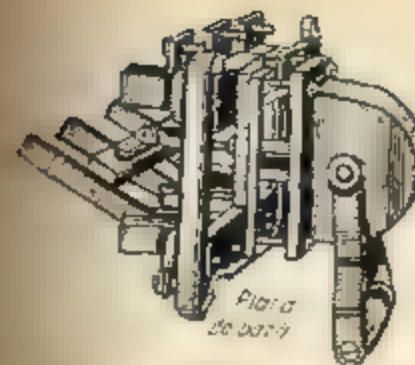
A. ÎNTRERUPTOARE ȘI COMUTATOARE CU PIRGHIE

Sînt aparate de construcție foarte simplă, bazate pe rotirea unor cutite de contact cu ajutorul unui mâner izolat (fig. 4.1) sau pentru întreruptoarele montate în spațiile tablourilor cu ajutorul unui sistem de pîrghii (fig. 4.2).

Se fabrică în țară la tensiunea nominală de 500 V, pentru curenți între 25 și 100 A cu acționarea directă în construcție protejată în bachelită, iar pentru curenți între 200 și 1000 A cu acționare indirectă, în construcție deschisă.



Fig. 4.1. Întreruptor-pîrghie tripolar de 60 A, cu placă de bachelită, cu întrerupere bruscă prin resort



Con- taclul	Poziția		
	1	2	3
R-A	x		
R-B	-	x	
R-C	-	-	x

Fig. 4.2. Întreruptor-pîrghie tripolar montat în spatele tabloului și acționat din fața tabloului prin manetă și sistem de pîrghii

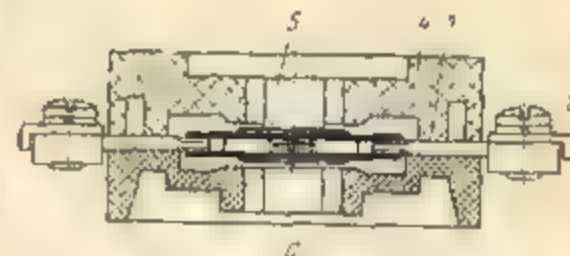


Fig. 4.3. Întreruptoare-pachet

montate în tablouri pentru a se putea vedea construcția interioară: a - cutie de contacte, b - contacte fixe, c - pîrghie de la he. 4.3 - execuție deschisă pentru montaj, neapărat executată protejată în bachelită, pentru montaj aparent, d - execuție capsulată în carcasa de fontă.



Fig. 4.4. Tipuri de contacte mobile pentru întrerupătoare și comutatoare-pachet

- a — contacte în opoziție;
b — contacte în serie;
c — contacte în paralel.

B. ÎNTRERUPTOARE ȘI COMUTATOARE PACHET

Aparatele se obțin prin înșirarea pe același ax a unui număr variabil de elemente (pacheti) de construcție similară (nu neapărat identice), fiecare element cuprinzând o cale de curent.

Fiecare cale de curent este formată din două sau trei contacte fixe, montate între cîșcani presate din material electroizolant (bachelita, aminoplast) (fig. 4.3).

Contactele mobile, din material bun conductor și elastic (lombac), sînt așezate pe un ax central și se rotesc solidar cu axul.

Se deosebesc trei tipuri de contact mobile: primul fiind folosit la întrerupătoare, iar celelalte la comutatoare (fig. 4.4), permițînd obținerea unor scheme de comutare foarte variate.

Întrerupătoarele pachet se pot realiza în execuție deschisă, protejată, capsulată, în bachelită sau metal.

Datorită întreruperii bruste, cu două locuri de rupere și un spațiu închis se obține capacitatea de rupere relativ mică, atât în curent alternativ, cît și în curent continuu.

Se construiesc pentru tensiuni de 380-500 V, cu mărime între 10 și 200 A.

C. ÎNTRERUPTOARE ȘI COMUTATOARE CU CAME

Din punct de vedere constructiv, întrerupătoarele și comutatoarele cu came se aseamănă cu întrerupătoarele pachet, fiind alcătuite tot dintr-un număr variabil de căi de curent suprapuse, deschiderea și închiderea contactelor mobile este, de asemenea, realizată prin acționarea unui ax central comun.

Deosebirea dintre întrerupătoarele pachet și întrerupătoarele cu came constă în modul de realizare a circuitului de curent. La întrerupătoarele pachet, contactele mobile se rotesc o dată cu axul de acționare, contactele fixe fiind așezate pe un cerc periferic, iar închiderea și deschiderea circuitului se realizează între contacte cu frecare de tip furcă, pe cînd la întrerupătoarele cu came, contactele mobile execută mișcări



Fig. 4.5. Întrerupător cu came:
a — vedere generală, b — sistemul de contacte;
c — sistemul de sacularizare.

translație, închiderea și deschiderea circuitelor realizîndu-se cu ajutorul unor contacte de presare punctiforme fără frecare (fig. 4.5).

Comutatoarele cu came prezintă performanțe superioare în ceea ce privește durata de viață, care este de 0,5 ~ 1

secunde manevre față de 10 ~ 5000 la comutatoarele pachet, au posibilități mai mari de

realizare a unor scheme complexe, gabarite

mai mici și siguranța mai mare în funcționare,

au capacități de rupere mai mici, nu se

folosesc în curent continuu și necesită un

consum important de argint pentru pastilele

de contact.



Fig. 4.6. Schema unui întrerupător bipolar.

se marchează adâncituri pe came în dreptul pozițiilor respective la butonului pentru contactele de sus și în poziția opusă pentru contactele de jos.

D. SEPARATOARE

se folosesc pentru întreruperea circuitelor sub tensiune, dar fără sarcină. Au o construcție asemănătoare celei a întreruptoarelor cu sarcină; se fabrică pentru curenți între 200 și 4 000 A (fig. 4.10).

Pentru separatoare este obligatoriu ca poziția contactelor să fie bătă.

E. ÎNTRERUPTOARE DE SARCINĂ

se folosesc din ce în ce mai mult în locul întreruptoarelor cu sarcină asigurând față de acestea capacități de rupere și durate de serviciu mari în gabarite reduse.

Se realizează fie în construcții derivate din cele ale unor întreruptoare automate, la care s-au eliminat relele (fig. 4.11), fie în construcții speciale (fig. 4.12).



Fig. 4.7. Schema unui comutator tripolar cu două direcții.



Fig. 4.8. Schema unui inversor de sens.



Fig. 4.9. Schema unui comutator stea-triunghi.

În figurile 4.6, 4.7, 4.8 și 4.9 sunt prezentate schemele unor comutatoare cu came uzuale: întreruptor bipolar, comutator tripolar cu două direcții, inversor de sens, comutator stea-triunghi.

Schema se întocmește astfel:

- se completează tabelul punii cu simbolul \times în dreptul contactelor închise în poziția respectivă a butonului.

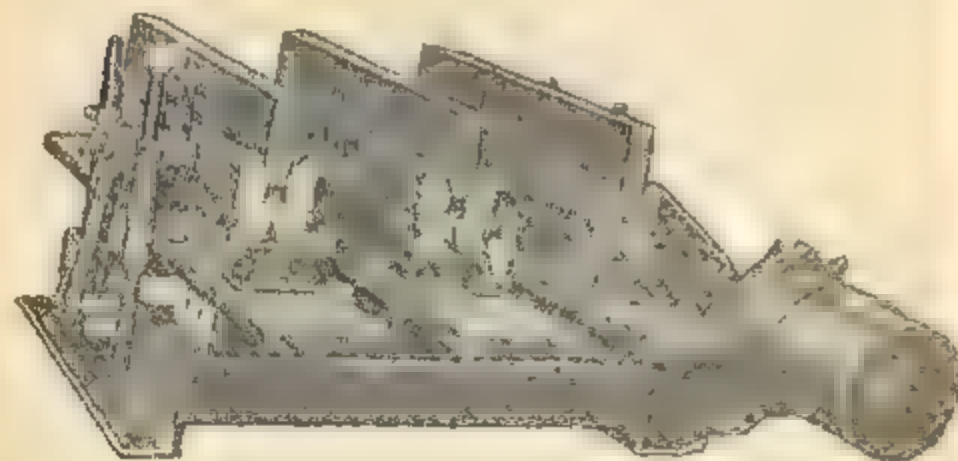


Fig. 4.10. Separator de 2 000 A cu acționare pneumatică.



Fig. 4.11. Întreruptor de sarcină de 500 A.



Fig. 4.12. Întreruptor de sarcină de 640 A.

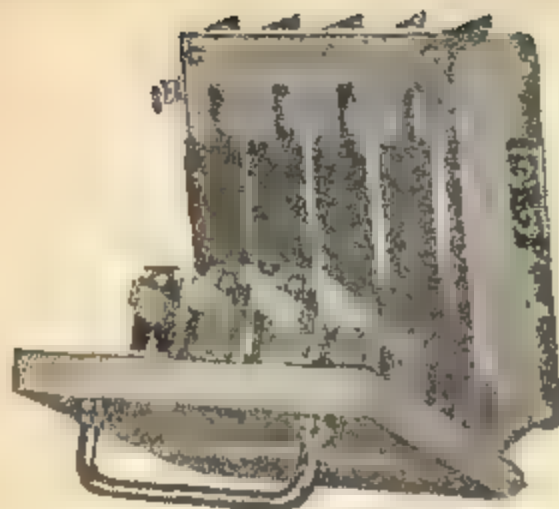


Fig. 4.13. Interruptor cu siguranțe MPR.

F. ÎNTERRUPTOARE CU SIGURANȚE

În orice tablou de distribuție sau de comandă fiind necesar atât un întreruptor general, cât și un grup de trei siguranțe fuzibile de protecție, s-a născut ideea combinării celor două funcțiuni într-o construcție comună, realizându-se astfel o economie de material și de spațiu. Întreruptoarele cu siguranțe se realizează fie în varianta simplă din figura 4.13, fie într-o construcție în care siguran-

țele sînt independente de întreruptor, construcție mai complicată, dar care elimină riscul accidentării operatorului în cazul închiderii întreruptorului pe un scurtcircuit (fig. 4.14).

G. PRIZE ȘI FIȘE INDUSTRIALE

Se utilizează pentru conectarea la rețea a consumatorilor mobili cum sînt grupurile de sudură, mașinile de găurit și polizoarele portative etc.

Priza este fixă, avînd contactele conectate la rețea, iar fișa este mobilă, avînd contactele conectate la cordonul flexibil de alimentare a consumatorului.

Contactele prizei sînt în formă de teacă cilindrică sau de furcă și protejate împotriva argerii (deoarece sînt sub tensiune), contactele fișei sînt în formă de știft cilindric sau de lamelă și sînt protejate numai împotriva loviturilor.

Prizele și fișele industriale sînt tripolare, ele au în plus un contact de nul și un contact de pământ sau cel puțin unul din ambele funcțiuni.

Știftul de contact corespunzător contactului de pământ trebuie să fie mai lung, astfel ca legat în la pământ să se facă înaintea celorlalte.

○ Notă. Construcția prizei, amplasarea sau dimensiunile știfturilor trebuie astfel realizate încît introducerea fișei în priză să nu fie posibilă decît în poziția corectă.

Prizele și fișele industriale se construiesc pentru tensiunea de 380 - 220 V și curenți nominali între 16 și 100 A (fig. 4.15).

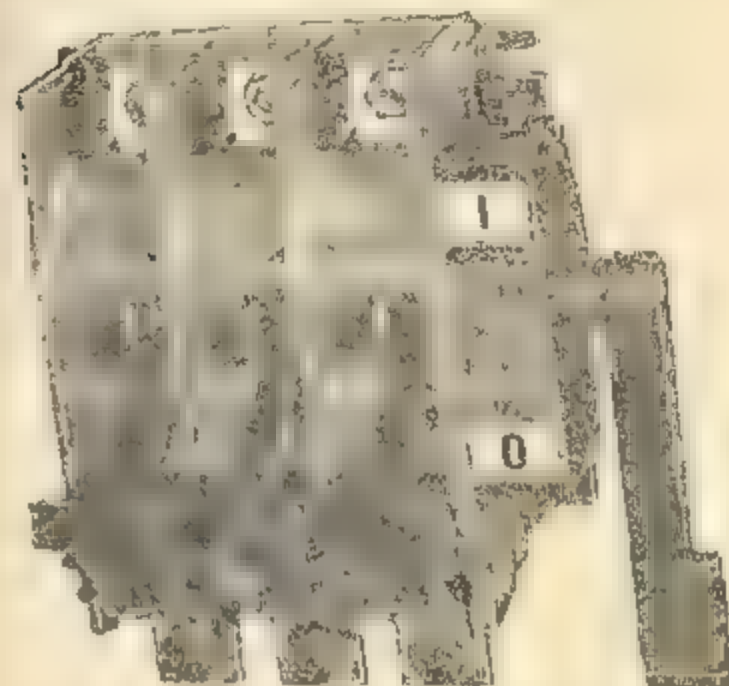


Fig. 4.14. Interruptor tripolar 125 A cu siguranțe independente.



Fig. 4.15. Prize și fișe industriale

a - tunel plastic; b - priză; c - fișă din metal; d - priză și fișă cuplate; e - priză.

○ Este interzisă întreruperea curentului prin scoaterea fișei din priză.

Pentru prizele de 63 A și mai mari este obligatorie includerea în corpul prizei a unui întreruptor prevăzut cu un mecanism de blocare care împiedică scoaterea fișei din priză dacă întreruptorul nu este deschis.

H. COMUTATOARE STEA-TRIUNGHI

Aceste comutatoare servesc pentru comanda porniri și opriri motoarelor electrice asincrone cu rotorul în scurtcircuit și au rolul de a reduce valoarea curentului absorbit de motor în timpul pornirii.

Comutatorul stea-triunghi se poate utiliza numai dacă motorul este astfel bobinat încât să aibă în regim de lucru bobinajul statorului conectat în triunghi.

Deci la o rețea de 380 V între faze poate fi conectat prin comutator stea-triunghi numai un motor pe a cărui etichetă se vede 660/380 V sau Δ 380 V.

Principiul de funcționare constă în a realiza pornirea în două etape:

mai întâi se aplică motorului o tensiune stea (tensiunea aplicată la fiecare fază este deci de $1/\sqrt{3}$ ori mai mică decât tensiunea rețelei),

apoi, când motorul a atins turația nominală (sau mai devreme și mai târziu, se modifică legătura motorului la triunghi.

În felul acesta *curentul de pornire absorbit de motor este redus la $1/\sqrt{3}$ din valoarea pe care ar fi avut-o dacă s-ar conecta direct la triunghi.* Deoarece și cuplul de pornire scade la $1/3$, pornirea prin comutatoare stea-triunghi poate fi folosită numai dacă motorul pornește în gol sau sub sarcină redusă.

Comutatoarele stea-triunghi pentru curenți până la 100 A se realizează acum pe baza comutatoarelor cu came și schema din fig. 49, pentru curenți mai mari folosindu-se aproape exclusiv comutatoare automate (v. cap. 6).

I. INVERSOARE DE SENS

Realizate tot pe baza comutatoarelor cu came și schema din fig. 48, inversoarele de sens pentru motoare asincrone schimbă între ele două faze ale circuitului de alimentare.

J. AUTOTRANSFORMATOARE DE PORNIRE

Autotransformatorul de pornire este un transformator trifazat în care au numai două faze bobinate. Cu ajutorul unui comutator, motorul este conectat inițial la prizele mici, fiind astfel alimentat la tensiune redusă.

K. REOSTATE DE PORNIRE ȘI REGLARE

Pornirea motoarelor de curent alternativ cu rotorul bobinat se face prin scurtcircuitarea treptată a rezistențelor conectate în circuitul rotorului. Soluția constructivă adoptată depinde de mărimea motorului, respectiv a rezistențelor, precum și de frecvența pornirilor.

Pentru motoare mici și frecvențe mici de pornire se folosesc reostate de pornire care cuprind în același ansamblu atât rezistențele cât și comutatorul de trepte.

Pentru motoarele mari devine necesară amplasarea separată a materialelor de rezistență (fig. 416) și a comutatorului de trepte. Se folosește în acest caz pentru scurtcircuitarea treptelor controlere cu tabă (fig. 417), care se realizează de obicei și inversarea de sens și frinarea motorului.

În sfârșit, pentru frecvențe mari de conectare se preferă soluția cu controlere automate, acestea comandând scurtcircuitarea treptelor de pornire prin intermediul unor contactoare.



Fig. 416. Reostat de pornire.

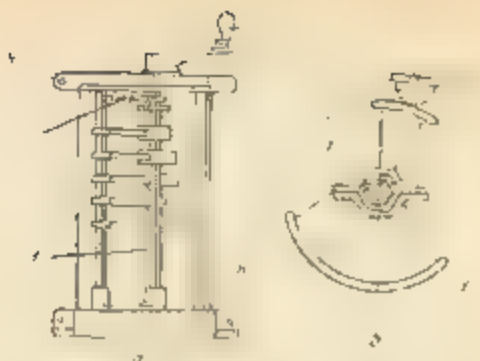


Fig. 4.17. Controler cu lobă

a — ansamblu; b — sistemul de contacte; 1 — ax de acționare a contactelor mobile; 2 — tub izolant; 3 — contacte mobile; 4 — elemente de fixare a contactelor mobile; 5 — contacte fixe; 6 — minier de acționare; 7 — sistem de sacadare; 8 — capac; 9 — placă de bară.

• Reostatele de pornire pot fi fie cu rezistențe metalice în aer sau în ulei, fie cu lichid (soluție de sodă).

• Reostatele de reglare au aceeași construcție dar fiind solicitate permanent sînt mai larg dimensionate și unori prevăzute cu ventilatoare sau alte dispozitive de răcire forțată.

Rezistențele metalice din construcția reostatelor sînt excitate de sîrme sau benzi din material rezistent la temperaturi înalte (focul, constantan etc.).

Rezistențele pentru motoare mari, amplasate în baterii separate, se execută din elemente de fontă sau oțel și sînt strînse pe două sau trei axe izolate între ele fiind întreținse alternativ — în vederea asigurării continuității circuitului — rînduri izolatoare sau metalice.

L. REOSTATE DE EXCITAȚIE

Se folosesc pentru reglarea tensiunii furnizate de generatoare pentru modificarea curentului de excitație. Sînt formate, ca și reostatele de pornire, dintr-un comutator cu ploturi, fixat de o placă izolantă și dintr-o serie de rezistoare din sîrmă spiralizată, conectate la ploturile respective și amplasate într-o cutie metalică (fig. 4.18).

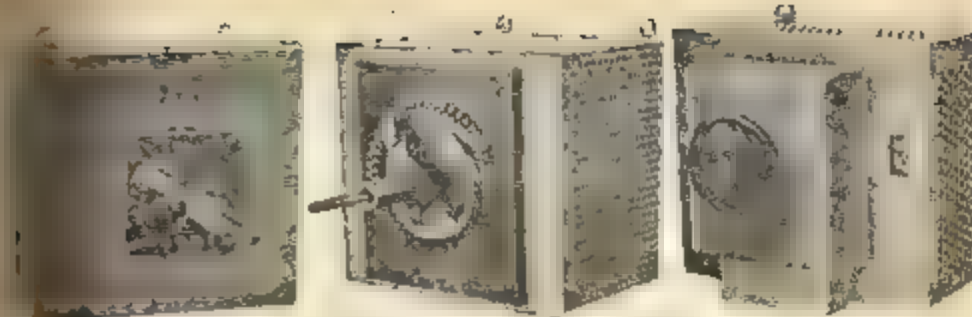


Fig. 4.18. Reostate de excitație — diferite forme constructive

M. CONTROLERE

• Controlerile cu lobă, folosite pentru comutarea directă a curenților mari, sînt constituite din următoarele elemente primare (fig. 4.17):

un ax izolat care poate fi rotit din exterior și pe care sînt montate contactele mobile în formă de sectoare circulare cu diferite unghiuri la contur,

unul sau două axe izolate pe care sînt montate contactele fixe prevăzute cu elemente arcuitoare care asigură forța de apăsare necesară.

La controlerile de curent continuu se folosesc și camere de stinger cu solenoid magnetic.

Se construiesc pentru curenți mari, de 100—300 A, atât în aer cît și în baie de ulei.

• Controlerile indirecte (de comandă) se construiesc de obicei, în varianta de controlere cu came, similare constructiv comutatoarelor cu came, dar realizate într-o construcție mai solidă (fig. 4.19) pentru curenți pînă la 25—40 A.

N. APARATE PENTRU INSTALAȚII CASNICE ȘI SEMIINDUSTRIALE

Distingem aparate de rază la rețea, aparate de conectare și aparate de protecție.

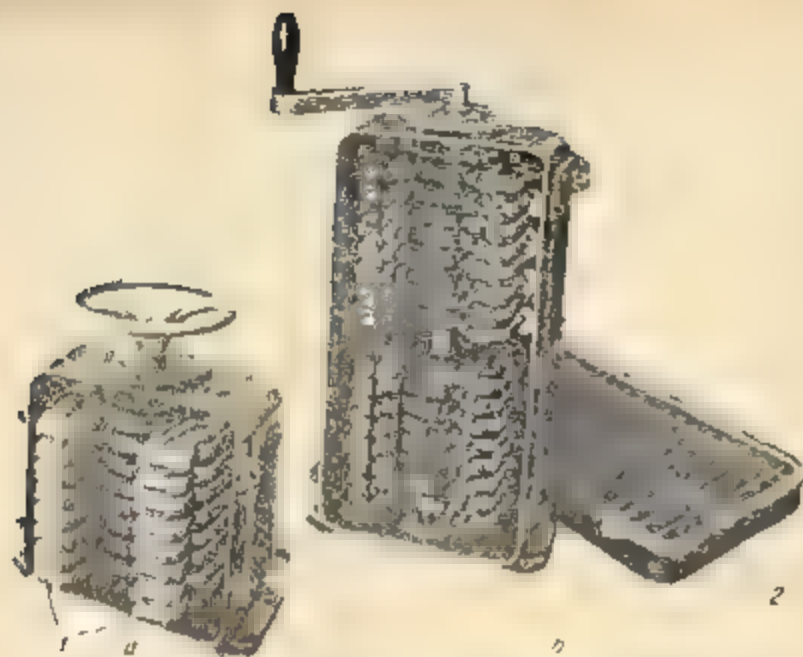


Fig. 4.19. Controlare cu came:

a - solatie cu camerele de stingere aplicate; b - solutie cu camerele de stingere porate; 1 - camere de stingere ceramice; 2 - capac cu camere de stingere.

1. Aparate de racord la rețea (prize, fișe, cuple)

● Prizele fac parte din instalația fixă, contactele lor fiind permanent sub tensiune. Pot fi *aparate* (pe tencuială), *îngropate* (pentru montare în doze, sub tencuială), *capsulate* (în silumină sau material plastic).

După numărul polilor, pot fi *bipolare*, *bipolare cu contact de protecție*, *tripolare* *cu contact de protecție*, *tripolare cu contact de protecție și contact de nul*.

Cele bipolare pot fi simple, duble și triple.

Prizele bipolare se execută pentru 10 și 16 A, cele tripolare pentru 10, 16 și 25 A (fig. 4.20).

Sînt prevăzute cu teci de contact care, fie prin elasticitatea materialului, fie prin elemente arcuitoare auxiliare, asigură apăsarea necesară pe piciorușele fișelor.

● Fișele, conectate printr-un conductor flexibil la receptorul mobil, se introduc în prize pentru realizarea legăturii electrice.

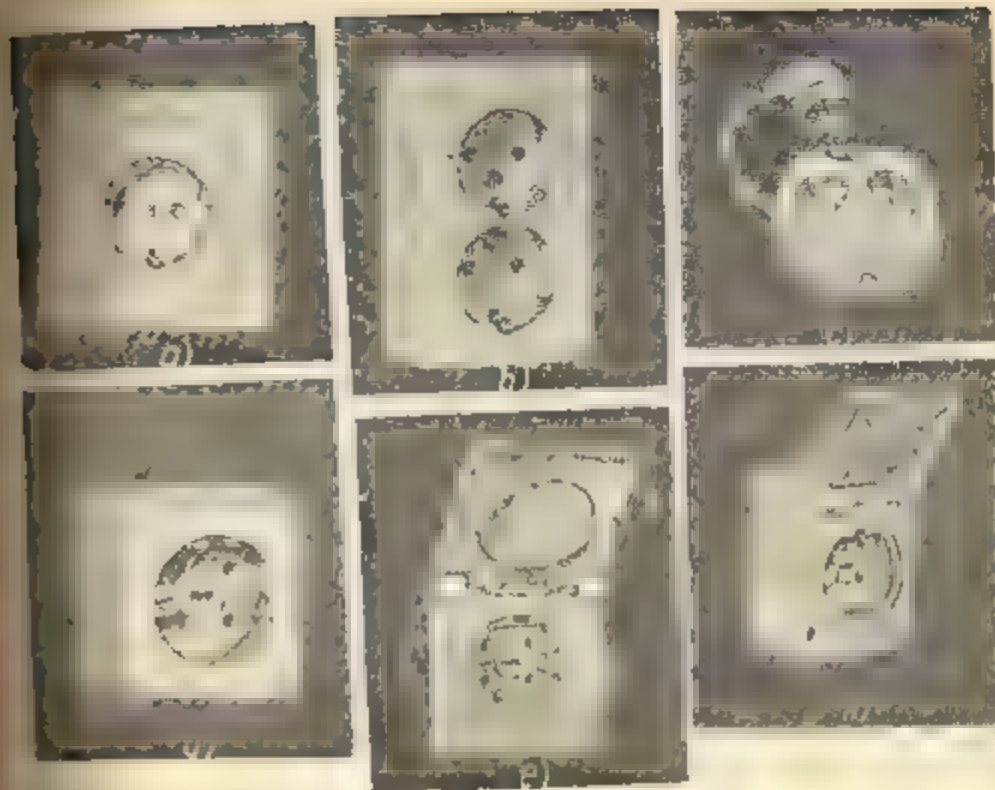


Fig. 4.20. Prize bipolare cu contact de protecție (a, b, c) și tripolare cu contact de nul și de protecție (d, e, f).

a - priză; b - priză cu contact de protecție; c - priză cu contact de protecție și contact de nul; d - priză; e - priză cu contact de protecție; f - priză cu contact de protecție și contact de nul.

În cazurile în care solicitările termice nu sînt importante, se pot realiza fișe realizate prin presare din materiale termoplastice împreună cu coronoal. Tipurile de fișe sînt aceleași cu ale prizelor, însă există fișe de 6 A (fig. 4.21).

Cuplele sînt prize mobile, servind la realizarea prelungitoarelor care au o fișă la un capăt și o cuplă la celălalt (fig. 4.22).

Un tip special de cuplă este aparatul denumit priză pentru aparate electrocasnice (fig. 4.23) și care poate fi cu sau fără contact de protecție.



Fig. 4.21 Fișe bipolare cu contact de protecție (a, b) și tripolare cu contact de nul și de protecție (c, d)

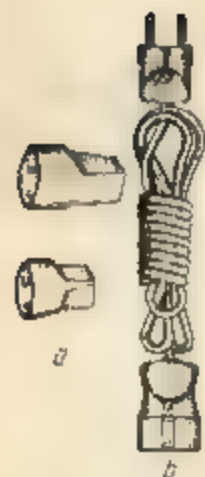


Fig. 4.22. Cuple și prelungitoare
a - cuplo;
b - prelungitor cu fișă și cuplă.



Fig. 4.23. Prize pentru aparate electrocasnice;
a - cu contact de protecție;
b - fără contact de protecție.

2. Aparate de conectare (întreruptoare și comutatoare)

Întreruptoarele și comutatoarele de instalații servesc în primul rând pentru conectarea și deconectarea circuitelor de lumină.

Întreruptoarele moderne sunt de tip *compănă* (fig. 4.24) cu manevrare ușoară, funcționare liniștită, consum redus de material și longevitate mare (cca 250 mii conectări).

Cea mai modernă soluție o constituie însă întreruptoarele electronice fără elemente mobile și fără contacte, sensibile la atingerea sau apropierea minii.

Variantele constructive sînt aceleași ca la prize.

Se construiesc pentru tensiunea nominală de 250 V și curent nominal de 10 A sau 16 A.

3. Aparate de protecție (siguranțe și întreruptoare automate)

Protecția împotriva scurtcircuitelor poate fi asigurată prin siguranțe fuzibile sau întreruptoare automate de instalații, iar protecția împotriva efectelor neșorilor rezistenței de izolație - prin întreruptoare automate de protecție împotriva curentilor de defect (IAPC). Ele sînt tratate în capitolele 5 și 6.

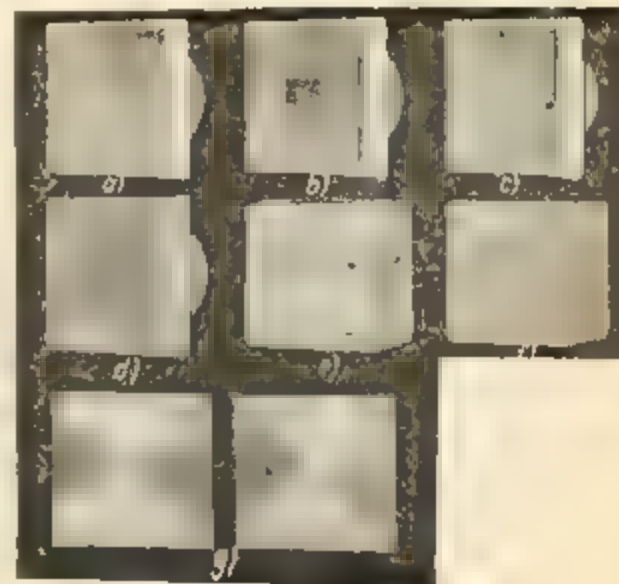


Fig. 4.24. Întreruptoare și comutatoare moderne de instalații, tip compănă și electronice.

a - Întreruptor lagropat; b - întreruptor lagropat cu pompă de control; c - comutator în lagropat; d - întreruptor lagropat ans; e - întreruptor aparent; f - întreruptor aparent cu acționare prin atingere.

- 4.1. Ce avantaje prezintă comutatoarele cu came față de comutatoarele-pachet?
- 4.2. Realizați o schemă de comutator monopolar cu trei direcții.
- 4.3. Ce măsuri de protecție a muncii se iau în construcția prizei industriale?
- 4.4. Care sînt efectele conectării în stea a unui motor comandat de un comutator stea-triunghi?
- 4.5. În ce condiții este necesară și posibilă conectarea în stea-triunghi?
- 4.6. Explicați schema din figura 4.8.
- 4.7. Explicați funcționarea unui autotransformator de pornire.
- 4.8. Care sînt avantajele folosirii contactorilor de comandă?
- 4.9. Cum sînt dimensionate reostatul de reglare față de cele de pornire și de frînare?
- 4.10. Ce tipuri constructive de prize cunoașteți?
- 4.11. Care sînt avantajele intreruptoarelor cu pană?

APARATE DE PROTECȚIE

Solicitările termice, electrice și electrodinamice, la care sînt supuse aparatele electrice, sînt mult amplificate în situațiile accidentale de suprasarcini, scurtcircuite și supratensiuni.

A. SUPRACURENȚI

• Curenții de suprasarcină și de scurtcircuit (denumiți *safra-curenți*), cu cauzele și caracteristicile lor, sînt prezentați în tabelul 5.1.

La producerea unui scurtcircuit, variația curentului armătește, de obicei evoluția în timp reprezentată în figura 5.1 în care se observă că valoarea curentului de scurtcircuit scade în cursul citorva alternanțe pînă la o valoare stabilizată I_s (curentul de scurtcircuit de durată (care se ia în considerație la calculul încălzirii la scurtcircuit)).

Valoarea de vîrf a primei alternanțe I_p se numește *curent de scurtcircuit de șoc* și se ia în considerație la calculul forțelor electrodinamice.

El poate atinge valoarea maximă $I_p = 1,8 \sqrt{2} I_s = 2,55 I_s$.

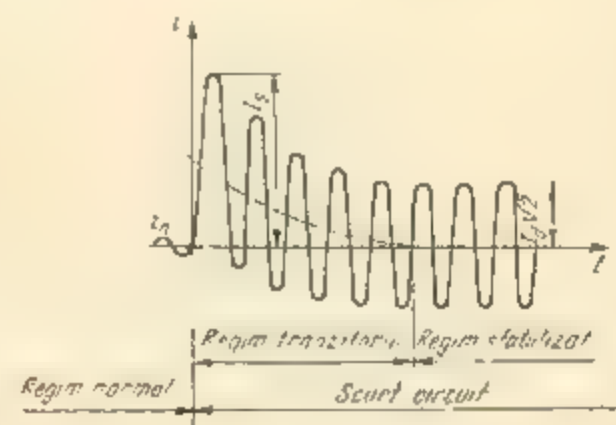


Fig. 5.1
Evoluția în timp a curentului de scurtcircuit

Manifestarea după durată	Condiții în care apar supracurenții	Valoarea	Durată	Metode de protecție	
1. Transitorii (de foarte scurtă durată)	Apar în condiții normale de serviciu	<ul style="list-style-type: none"> la punerea sub tensiune a transformatorilor de putere 	6-10 I _n	0,05 s	În general, nu se iau măsuri speciale de protecție
		<ul style="list-style-type: none"> la punerea sub tensiune a bateriilor de condensatoare 	20-50 I _n	0,005 s	Punerea sub tensiune prin intermediul unei rezistențe
		<ul style="list-style-type: none"> la punerea sub tensiune a lămpilor cu filament de wolfram 	5-10 I _n	0,01 s	Se evită conectarea simultană a grupurilor de lămpi de putere mare
2. De scurtă durată	Apar în condiții de defect grav în instalație (curenți de scurtcircuit)	<ul style="list-style-type: none"> deteriorări ale izolației ruperea unui conductor deschiderea unui separator sub sarcină ș.a. 	zeci de kA	Fracțiuni de secunda până la câteva secunde, în funcție de reglajul protecției	Folosirea de siguranțe fuzibile și întrerupătoare ultrarapide precum și relee rapide de protecție care determină dezexcitarea generatorului și deconectarea circuitului defect
	Apar în situații normale de serviciu	<ul style="list-style-type: none"> la pornirea motoarelor asincrone cu rotor în scurtcircuit 	3-7 I _n	3-15 s, în funcție de sarcină	Folosirea de rotoare cu dublă colivie sau cu bare înalte, pornire stea-triunghi sau cu autotransformator de pornire, siguranțe fuzibile cu întârziere

Manifestarea după durată	Condiții în care apar (cauza și simptome)	Valoarea	Durată	Metode de protecție	
De lungă durată	Apar în situații de exploatare incorectă sau defecte ascunde în instalație	<ul style="list-style-type: none"> ● la supraîncălzirea motoarelor ● la funcționarea motoarelor cu o fază întreruptă 	2,2 - 1,5 I _n 1,2 - 2 I _n	Zeci de minute Zeci de minute	Folosirea de relee de supraîncălzire cu bimetal Folosirea de relee care realizează funcționarea cu o fază întreruptă

- Protecția împotriva curenților de scurtcircuit se face prin:
 - măsuri preventive, ca verificarea periodică a stării izolației, instruirea temeinică a personalului pentru a se evita manevrele greșite, alegerea corectă a aparatelor
 - măsuri de limitare a valorii curenților, prin intercalarea în circuit a unor bobine de reacțanță;
 - măsuri de reducere a duratei scurtcircuitului prin folosirea siguranțelor fuzibile sau a întrerupătoarelor automate

B. SUPRATENSIUNI

Supratensiunile care pot apărea accidental în rețea cauzele și caracteristicile lor sunt prezentate în tabelul 5.2. Forma este vizibilă în figura 5.2.

Aparatele specifice de protecție împotriva supratensiunilor sunt descrise în capitolul 8, fiind folosite mai mult pe linie de înaltă tensiune

C. RELEE ȘI DECLANȘATOARE

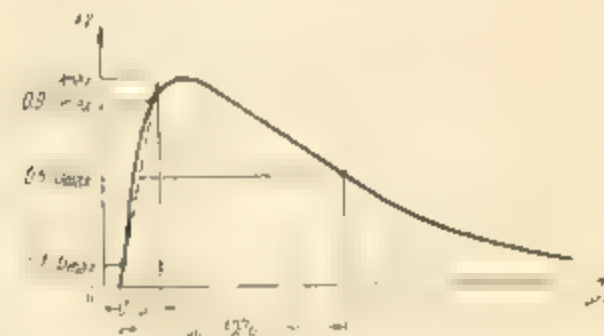
Releele sunt aparate de protecție care, la depășirea unei anumite valori a mărimii controlate, *închid sau întrerup un circuit electric la comandă* (de exemplu întrerup circuitul de alimentare a unui contactor) pe cînd declanșatoarele comandă direct mecanismul de declanșare al unui întrerupător automat.

Supraîntinduti

Învenirea	Cauze	Durata	Amplitudinea	Frecvența	Metoda de protecție
• de origine atmosferică	lovituri de trăsnet directe sau în vecinătatea liniei	zeci de secunde	milioane de volți	mila de Hz	relatoare de supraîntindere
• de comutație	întreruperi rapide ale curentilor	cilindru milisecunde	$(2.3-3)U_n \sqrt{2}$	0.7-1 kHz	- dimensionare corectă a izolatorilor - rezistențe neliniare la aparatele de întrerupere
• de pierdere la pământ	panouri accidentale a liniei la pământ	cifra secundă până la câteva ore	1.2-1.7 $U_n \sqrt{2}$	50 Hz	dimensiunare corectă a izolatorilor

Fig. 5.2 Forma cotelor principale de supraîntindere:

a - pentru pământ
b - pentru supraîntindere de
c - pentru supraîntindere
d - pentru supraîntindere
e - pentru supraîntindere



1. Relee termice

Pentru protecția împotriva suprasarcinilor mici $(1.2-6) I_n$, cum sunt cele produse din supraîncălzirea metalelor sau din înfierbântarea în două faze, se folosesc relee sau declanșatoare termice.

Releele termice se realizează fie a) într-un dispozitiv, b) sau tripolare (locuri de rele), care se asociază unor contactoare de către constructor sau de către beneficiar, fie ca elemente integrate construcției unor contactoare cu rele monobloc.

În construcția întrerupătoarelor autonome găsim de obicei declanșatoare termice.

Construcțiile uzuale de rele termice merg pînă la curenți nominali de maximum 100 A, rele de curenți mai mari obținându-se prin folosirea unor șunturi sau a unor transformatoare.



Fig. 5.3 Bloc de rele termice TSA 63.

Cea mai mare parte a releelor termice moderne se bazează pe utilizarea *termohimetaletelor* sub formă lamelară, cu încălzire directă, indirectă sau mixtă (fig. 5.3).

Ele sunt dotate cu *dispozitive de protecție anti-bifazice*, care asigură o sensibilitate mai mare la sarcini asimetrice (rămânerea în două faze).

Astfel, la același supracurent, releul declanșează de două, trei ori mai repede dacă rămâne în două faze decât funcționează toate trei.

De asemenea, cele mai multe sunt dotate cu *compensatoare de temperatură*, care le asigură o zonă de insensibilitate față de variațiile de temperatură ale mediului ambiant.

Standardele în vigoare impun următoarele condiții releelor termice destinate protecției motoarelor electrice:

să nu declanșeze în timp de două ore la un curent egal cu $1,05 I_n$ (I_n fiind curentul reglat),

să declanșeze în timp de două ore la un curent egal cu $1,2 I_n$,

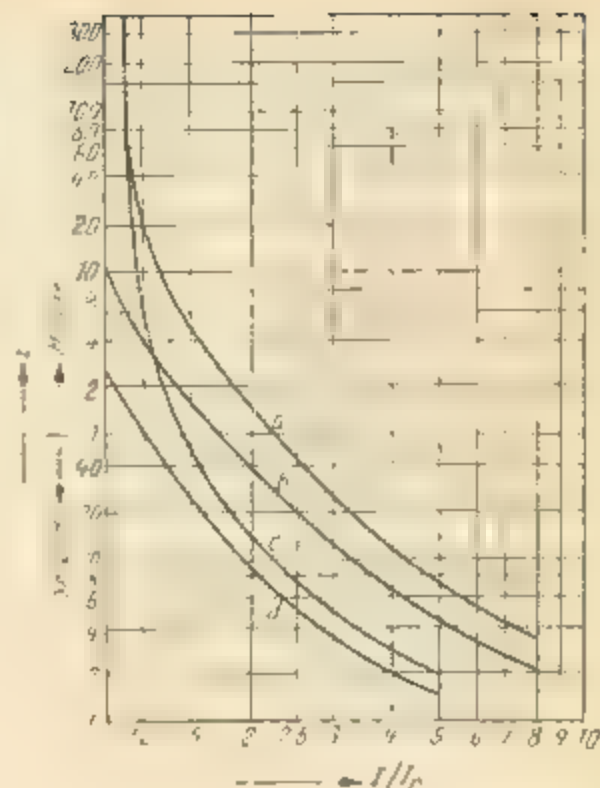
să declanșeze la un curent egal cu $6 I_n$ într-un timp > 2 s la relele pentru porniri ușoare și > 5 s la relele pentru porniri grele.

Caracteristica de protecție este prezentată în figura 5.4.

○ **Observație.** Condiția de declanșare în cel mult două minute (porniri la cald) la un curent egal cu $1,5 I_n$, care apar în unele forme străine, nu mai este cuprinsă de norme internaționale și de standardele românești. Este totuși util ca ea să fie respectată pentru a se pune de acord condițiile impuse releelor termice cu cele impuse motoarelor electrice.

În anumite situații cu porniri grele, regimuri intermitente etc. relele termice obișnuite nu mai reproduc cu suficientă fidelitate încălzirea motorului, putându-se ajunge fie la temperaturi periculoase și înfășurătorilor acestuia, fie la declanșări inutile. În aceste cazuri este recomandată introducerea unor *termistoare* semiconductoare cu rezistență variabilă cu temperatura direct în înfășurările motoarelor cu ajutorul unui circuit electronic de comandă, schimbarea brusca de rezistență a termistorului la depășirea temperaturii ammise conduce la declanșarea conductorului din circuitul principal al motorului.

Fig. 5.4. Caracteristicile de protecție ale unui rele termic: a — funcționare trifazică simetrică din stare rece; b — funcționare bifazică asimetrică din stare rece; c — funcționare trifazică simetrică din stare caldă; d — funcționare bifazică asimetrică din stare caldă.



2. Declanșatoare electromagnetice

Pentru protecția împotriva scurtcircuitelor se folosesc *declanșatoare electromagnetice*. Acestea sunt electromagneți de tip deschis sau clapetă, în care bobina străbătută de curentul principal sau de un curent proporțional cu acesta este astfel dimensionată, încât armătura mobilă este atrasă numai la trecerea unui curent de câteva ori mai mare decât cel nominal. Reglajul se face prin variația întrefierului, sau a forței antagoniste.

De regulă, la întrerupătoarele automate pentru protecția liniilor, declanșatorul electromagnetic este reglabil între 3 și $6 I_n$, iar la întrerupătoarele automate pentru protecția motoarelor este fie cu reglaj fix la $10 I_n$, fie reglabil între 5 și $10 I_n$, astfel încât să nu acționeze la curenții de pornire (care pot atinge 6—7 I_n).

3. Declanșatoare de tensiune minimă

În construcția întreruptoarelor automate pentru protecția motoarelor este obligatorie prezența unui *declanșator de tensiune minimă*, care deschide întreruptorul la dispariția tensiunii sau la scăderea ei sub o anumită valoare și împiedică închiderea întreruptorului atât timp cât tensiunea nu a atins o valoare suficientă.

Rolul acestui declanșator este de a împiedica închiderea necontrolată a întreruptorului după o întrerupere mai îndelungată a tensiunii, care a dus la oprirea motorului și a mașinii antrenate.

Reînchiderea necontrolată a circuitului poate provoca:

— pornirea directă la tensiune plină, a motoarelor care trebuie pornite cu comutator stea-triunghi, reostat de pornire sau autotransformator, ceea ce duce la suprasarcinarea motorilor și a relei;

— pornirea neașteptată a mașinii antrenate, ceea ce duce la distrugerea unor piese sau a unor părți de mașină și la accidentarea unor persoane;

○ **Observație** În cazul în care motoarele sunt comandate de contactoare, acestea prezintă și rolul declanșatorilor de tensiune minimă, cu condiția ca funcțional să poartă și fie de tipul contact normal deschis, astfel încât la revenirea tensiunii contactorul să nu declanșeze de la sine.

Condițiile tehnice impuse declanșatoarelor de tensiune minimă de că sunt aceleași cu cele impuse contactoarelor:

- să nu depășească temperatura admisibilă la 135°C să se încălzească la $0,85^{\circ}\text{C}$ în stare caldă
- să se deschidă între $0,7$ și $0,35 U$.

D. SIGURANȚE FUZIBILE

Siguranțele fuzibile sunt cele mai simple aparate de protecție împotriva scurtcircuitelor. Ele cuprind, în principiu, elemente fuzibile, constând într-un fir sau o bandă subțire de metal, cu secțiunea astfel aleasă încât dacă sunt străbătute de un curent mai mare decât cel admis de instalație să se topească, întrerupând astfel circuitul protejat, în care sunt montate în serie.

Calitățile principale ale siguranțelor fuzibile sunt construcția foarte simplă și proprietatea de a întrerupe curentul mare de scurtcircuit într-un timp foarte scurt încă înainte ca acesta să fi atins valoarea maximă posibilă (se realizează deci o limitare a curentului de scurtcircuit care

trebuie instalată, reducându-se foarte mult solicitările termice și dinamice la care aceasta este supusă).

Principalele dezavantaje ale siguranțelor fuzibile sunt:

- întreruperea instalației la arderea fuzibilului, pe un termen relativ lung, necesar înlocuirii acestuia;
- variația în limite foarte largi a timpului de topire, făcând dificilă asigurarea selectivității (întreruperea liniei numai în punctul de alimentare cel mai apropiat de locul defectului);
- rămânerea motoarelor în două faze datorită topirii unei singure siguranțe dintre cele trei care protejează un circuit trifazic;
- eficiența redusă la protecția împotriva suprasarcinilor.

1. Tipuri constructive

Vom examina în continuare construcția și caracteristicile celor mai folosite tipuri constructive de siguranțe fuzibile.

● **Siguranțele în tub de sticlă** sunt utilizate la protecția circuitelor de mică putere (curenți până la 4 A) (fig. 5.5).

● **Siguranțele cu mare putere de rupere** (fig. 5.6) au următoarele elemente componente:

— un înveliș izolant cu mare rezistență mecanică, executat fie într-un tub de porțelan, fie prin turnarea unui material plastic într-o formă ovală, fie prin asamblarea a două capace din material plastic de mare rezistență, poliestere cu fibre de sticlă;

— una sau mai multe benzi subțiri perforate din argint sau din cupru, înglobate într-o masă de nisip curățat de toate impuritățile

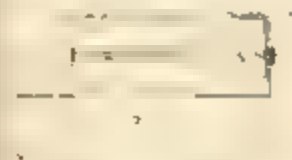


Fig. 5.5. Siguranță în tub de sticlă
1 — contact; 2 — tel de sticlă; 3 — fir fuzibil; 4 — lipătură.

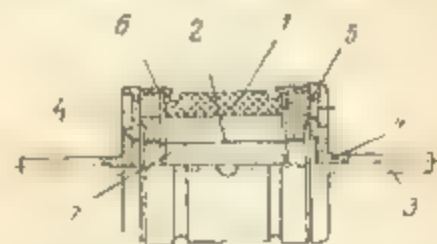


Fig. 5.6. Secțiune prin elementul de înlocuire al unei siguranțe de joasă tensiune cu mare putere de rupere
— tub de porțelan, 2 — fir fuzibil, 3 — cupit de contact, 4 — capac de închidere, 5 — inel de fixare, 6 — roșetă de acces, 7 — nisip.

organice și metalice, sortat la o anumită granulație și perfect uscat. Benzile sunt sudate pe cupetele siguranței, care fac legătura cu circuitul exterior.

Stingerea arcului în nisip are două efecte favorabile:

condensarea vaporilor metalici pe granulele de nisip produce o puternică răcire și deionizare a arcului electric limitându-i valoarea durată și energia.

conductibilitatea termică foarte bună a nisipului permite folosirea, la același curent nominal, a unor benzi cu secțiune mai mică decât în aer liber, reducându-se astfel cantitatea de vaporii metalici produși în timpul topirii.

2. Tipuri funcționale

Din punct de vedere al caracteristicilor de protecție (timpul de topire funcție de valoarea curentului), siguranțele se clasifică după două criterii.

• după funcțiune:

g — pentru protecție pe întregul domeniu de curenți;

a — pentru protecția de la un multiplu al curentului nominal în sus;

• după obiectul protejat.

Cele mai uzuale siguranțe sunt cele cu caracteristici gI (siguranțe normale sau rapide) pentru protecția conductoarelor, aM (siguranțe lent-rapide, pentru protecția motoarelor aR și gR (siguranțe ultrarapide) pentru protecția semiconductoarelor (fig. 5.7).

Folosirea siguranțelor lent-rapide în circuitele motoarelor permite reducerea secțiunii conductoarelor de alimentare a motoarelor.

Pentru a se înțelege aceasta, se menționează că siguranțele din circuitul unui motor trebuie astfel alese încât să nu se topească la curentul de pornire al acestuia, iar conductoarele de alimentare se aleg astfel încât să fie protejate de siguranțele respective. În cazul folosirii siguranțelor normale, aceasta duce, de regulă la necesitatea supra-dimensionării conductoarelor față de cele corespunzătoare din punct de vedere termic curentului nominal al motorului.

Folosirea siguranțelor lent-rapide, mai puțin sensibile la curenții de pornire, permite evitarea acestei supra-dimensionări.

Siguranțele ultrarapide sunt neapărat necesare în circuitele redresoarelor cu siliciu, foarte sensibile la suprasarcini.

Obținerea acestor caracteristici impune unele deosebiri în construcția siguranțelor, respectiv în realizarea elementului fuzibil.

La siguranțele lent-rapide, pe banda fuzibilă se aplică o picătură de aliaj staniu-plumb, care formează cu argintul sau cuprul un aliaj ușor fuzibil (fig. 5.8).

La suprasarcini de lungă durată, lamela se topește în zona de acțiune a materialului de adăos, iar la scurtcircuite se topește în zonele de reducere a secțiunii.

Fuzibilul siguranțelor rapide este fie realizat dintr-un singur metal, fie tot de tipul celor pentru siguranțe lente, în vederea obținerii unor încălziri generale mai reduse.

La siguranțele ultrarapide lamelle perforate au puncte foarte înguste (fig. 5.9).

Siguranțele cu mare putere de rupere au capacități de rupere foarte mari, până la 100 kA cu curent virtual, și un efect de limitare foarte puternic. Ele se fabrică în 3 mărimi acoperind o gamă de curenți nominali între 60 și 1000 A.

• Siguranțele tubulare sunt tot siguranțe cu mare putere de rupere, dar realizate într-o construcție mai simplă și cu greutate redusă.

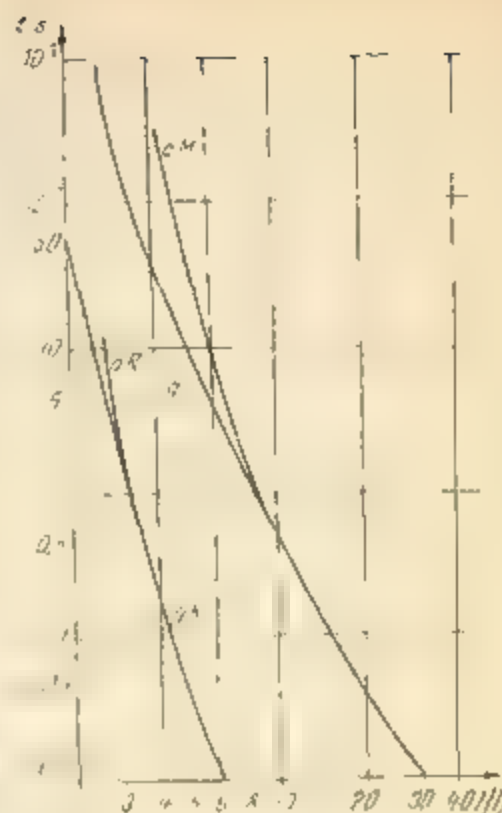


Fig. 5.7. Caracteristicile siguranțelor fuzibile.



Fig. 5.8. Bandă fuzibilă pentru siguranțe lent-rapide
1 — picătură de aliaj ușor fuzibil

În general nu folosesc cuțite, legătura cu circuitul exterior făcându-se chiar prin intermediul capacelor de închidere a tubului ceramic protector (fig. 5.10).

• Siguranțele cu filet sînt folosite în instalațiile casnice și semi-industriale, dar și în cele industriale, pentru intensități nominale pînă la 200 A.

Sînt formate din patru elemente (fig. 5.11):

sochul de porțelan 1, prevăzut cu bornele de legare la circuitul exterior;

– elementul de înlocuire (patronul fuzibil) 3, alăturat într-un tub de porțelan de o anamită rotundă umplut cu nisip și închis la capete cu capace de contact. Firele fuzibile sînt înșirate în masa de nisip între capacele de contact (fig. 5.12);

– piesele de contact cu diametrul interior calibrat avînd rolul de a împiedica introducerea unor elemente de înlocuire de valoare nominală mai mare (care nu ar putea asigura o protecție corectă);

capacul tubului 4 – cu rolul de a închide elementul de înlocuire realizînd totodată presiunea de contact necesară.

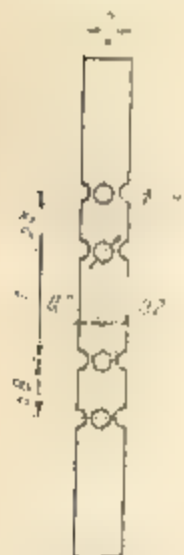


Fig. 5.9. Fuzibil pentru siguranță ultrarapidă de 32 A

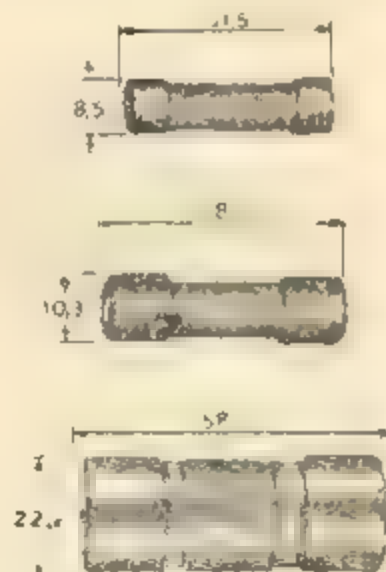


Fig. 5.10. Siguranțe tubulare:
a – $I_n = 20$ A, $I_r = 20$ kA
b – $I_n = 32$ A, $I_r = 80$ kA
c – $I_n = 125$ A, $I_r = 600$ kA



Fig. 5.11. Siguranță cu filet
1 – soclu; 2 – reacă filetată; 3 – element de înlocuire; 4 – capac filetat; 5 – separator; 6 – piesă de contact; 7 – bornă



Fig. 5.12. Secțiune prin elementul de înlocuire al unei siguranțe fuzibile cu filet
1 – corp de porțelan; 2 – fir fuzibil; 3 – firul indicatorului de funcționare; 4 – capac filetat; 5 – capac de contact; 6 – indicator de funcționare

Acest tip de siguranțe se fabrică pentru curenți nominali de 25, 32, 40, 63, 80, 100 și mai rar 200 A. Scara curenților nominali ai elementelor de înlocuire fuzibile este însă mult mai largă: 6, 10, 15, 20, 25, 35, 40, 63, 80, 100, 125, 160 și 200 A.

Ele au capacitatea mare de rupere de 5–8 kA.

3. Reguli de exploatare

În exploatarea siguranțelor fuzibile trebuie să se țină seamă de câteva probleme:

mărimea siguranței trebuie aleasă corect în funcție de secțiunea conductorului protejat;

trebuie interzisă înlocuirea fuzibilelor arse cu fire de cupru ne calibrate și în special trecerea firului de cupru pe deasupra elementului de înlocuire;

la montarea siguranțelor toate legăturile de contact să fie bine strinse și să se verifice periodic menținerea forței de apăsare pe contacte;

APARATE PENTRU COMANDĂ AUTOMATĂ

Grupăm în această grupă aparate care pot fi comandate de la distanță sau de către un relee de protecție

contactoare și ruptoare,

contactoare cu relee

întrerupătoare automate (având în principal rol de protecție)

A. CONTACTOARE ȘI RUPTOARE

1. Principiul de funcționare

Contactorul este un aparat de comutație cu acționare mecanică, electromagnetică sau pneumatică, care asigură funcție stabilă, capabil de a stați, suporta și întrerupe în condiții normale de exploatare ale unui circuit, inclusiv curenți de suprasarcină

Figura 6.1 a ilustrează funcționarea unui contactor electromagnetic la închiderea circuitului de alimentare a bobinei 3 a electro-

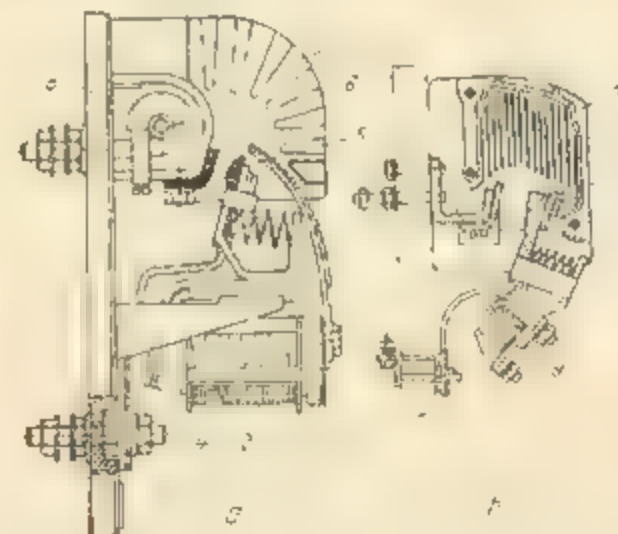


Fig. 6.1 Contactoare cu mișcare de rotație

a - de curent continuu; b - de curent alternativ; 1 - armătură fixă, 2 - miez fix; 3 - bobină, 4 - armătură mobilă, 5 - contact mobil, 6 - contact fix; 7 - cameră de stingere, 8 - bobină de suflaj, 9 - ax.

siguranțele să fie așezate în partea de sus a panourilor, astfel încât căldura degajată de ele să nu afecteze alte elemente ale instalației.

Introducerea în funcție a siguranțelor cu mare putere de rapero trebuie făcută cu mînuși de protecție, și cu fața aparatului, ținînd seama că este posibil să existe un scurtcircuit pe linie, iar siguranța să explodeze

Verificarea cunoștințelor

- 5.1. Ce tipuri constructive de relee termice cunoașteți?
- 5.2. Care sînt condițiile tehnice impuse unui relee termic pentru protecția motoarelor?
- 5.3. Ce proprietate au termistoarele?
- 5.4. Ce deosebire este între un declanșator și un relee?
- 5.5. Ce protecție asigură un declanșator de tensiune minimă?
- 5.6. Ce condiții tehnice se impun unui declanșator de tensiune minimă?
- 5.7. Ce avantaje și ce dezavantaje prezintă siguranțele fuzibile?
- 5.8. Care sînt efectele favorabile ale nășpirii în siguranțele fuzibile?
- 5.9. Ce avantaje prezintă folosirea siguranțelor lent-rapide în circuitele motoarelor electrice?
- 5.10. Ce principii constructive se folosesc la realizarea siguranțelor rapide?
- 5.11. Ce precauții trebuie luate la montarea siguranțelor fuzibile?
- 5.12. Ce se înțelege prin protecție antibifazică?

○ **Observație.** Din punct de vedere constructiv, contactoarele și ruptoarele se aseamănă foarte mult între ele, dar la contactoare, poziția de repaus corespunde situației cu circuitul principal deschis în timp ce la ruptoare poziția de repaus corespunde situației cu circuitul principal închis, electromagnetul intervenind în sensul deschiderii circuitului.

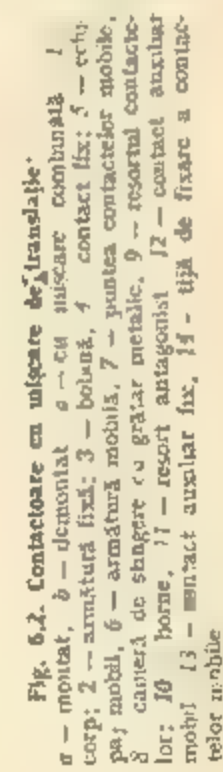
• După felul curentului din circuitul principal (circuitul comandat), contactoarele și ruptoarele pot fi de curent continuu sau de curent alternativ.

• După modul de acționare a contactelor mobile, contactoarele și rupătoare pot fi:

cu aer comprimat, îndreptându-se la contactoarele de curent continuu pentru a cere, mai târziu (de electrică) să se facă necesară separarea rapidă a contactelor:

• După numărul de poli, se descrie conținuturile și rupțiunile monopolar, bipolar, triplare, la mai frecvent folosite și tetrapolare.

— corectare a măsurii de translație (cu două întreruperi pe fază) (fig. 6.2)



Contactoarele cu mișcare de rotație sînt mai robuste la solicitări prin vibrații, au o putere de rupere relativ mare (comportîndu-se mai bine la utilizarea în curent continuu) și se pot realiza cu ușurință în diferite variante constructive (cu număr variabil de poli sau de contacte auxiliare).

Acest tip constructiv se folosește pentru contactoare de curent continuu, contactoare cu compoziție variabilă, contactoare de regim greu (cu solicitări deosebite de mediu, vibrații și șocuri), contactoare pentru întreruperea curenților capacitivi.

Contactoarele cu mișcare de translație prezintă avantajul unui gabarit redus, ceea ce este favorabil realizării de panouri compacte, se pretează mai bine unei mecanizări avansate a fabricației și a montajului, au o durată mecanică de serviciu mare și un cost mai redus. Ele reprezintă o soluție practică generalizată la contactoarele de curent alternativ pînă la 400 A.

O variantă a acestui tip constructiv o constituie contactoarele cu mișcare combinată, la care direcția de deplasare a contactelor mobile este perpendiculară pe direcția de deplasare a armăturii mobile a electromagnetului. Această construcție, folosită și la noi pentru unele contactoare de peste 100 A, prezintă avantajul că reduce vibrația contactoarelor, asigurînd o rezistență marită la uzura sub sarcină (fig. 6.2, c).

3. Probleme de exploatare

Domeniul de utilizare al contactoarelor fiind foarte larg și în continuă extindere, cuprinde situații foarte diferite în ceea ce privește natura circuitului comandat și solicitările pe care acesta le impune contactorului.

Normele internaționale celine-c, pentru contactoarele de curent alternativ, patru categorii tipice de regim de lucru (fig. 6.3):

AC1 — corespunzător sarcinilor pur rezistive (cuptoare, de exemplu);

AC2 — corespunzător motoarelor cu inele;

AC3 — corespunzător motoarelor cu rotorul în scurtcircuit;

AC4 — corespunzător regimului de lucru cu șocuri și inversări de sens a motoarelor cu rotorul în scurtcircuit.

Similar, sînt cinci categorii standard ale pentru contactoare de curent continuu DC1, DC5 și două categorii pentru contactoarele de comandă și contactele auxiliare AC11 și DC11).

Durata de serviciu se exprimă prin rezistența la uzura mecanică, care este la contactoarele moderne de 5-10 milioane manevre și prin rezistența la arcuri sub sarcină, care în regim AC 3 este de ordinul a 500 mii pînă la un milion conectări.

B. COMBINAȚII DE CONTACTOARE CU RELEE

• Cea mai uzuală combinație este contactorul cu relee termice, denumit și demaror magnetic, realizat uzual atît în execuție deschisă, cit și închisă (fig. 6.4 și 6.5).

Pentru protecția împotriva curenților de scurtcircuit în amonte contactorului cu relee termice trebuie montat un întrerupător automat sau siguranțe fuzibile adecvate.

Se folosesc de asemenea inversoare de sens automate cu două contactoare interblocaute între ele electric și mecanic (cînd unul este închis, celălalt nu se poate închide) (fig. 6.6).

• Comutatoarele automate stea-triunghi sînt formate din trei contactoare (rețea, stea și triunghi), un bloc de relee termice de protecție și un releu de timp cu care se poate regla timpul de la pornire pînă la trecerea de la conexiunea stea la conexiunea triunghi.

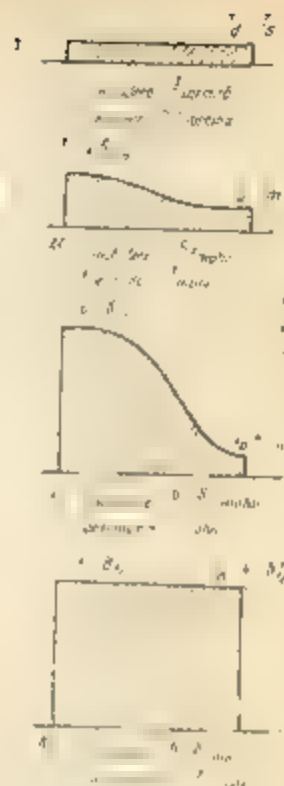


Fig. 6.3. Reprezentarea grafică a condițiilor de lucru ale contactoarelor la diferite categorii de regim de lucru.



Fig. 6.4. Contacteur cu releu termice de 40 A

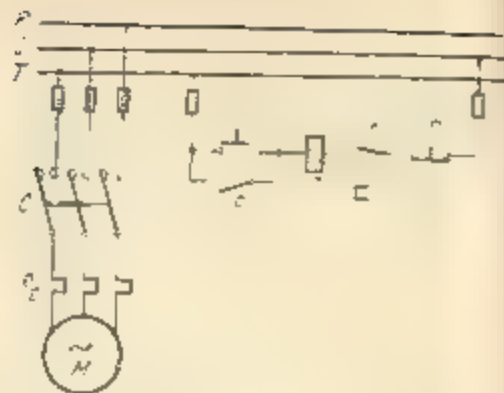


Fig. 6.5. Schema de conexiuni a unui contactor cu releu termice;

C — contactor, R_t — releu termic, I — contact de întrerupere, C — bobina de acționare a contactorului, — — — — — contact de siguranță, I — buton de comandă a închiderii, O — buton de comandă a deschiderii.

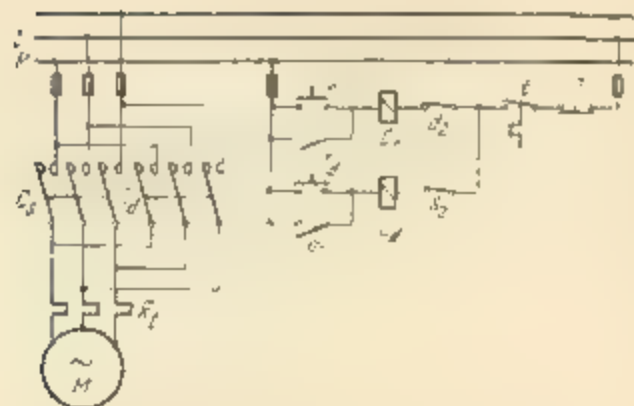


Fig. 6.6. Schema de conexiuni a unui inversor de sens.

C. ÎNTRERUPTOARE AUTOMATE DE JOASĂ TENSIUNE

1. Principiul de funcționare

Spre deosebire de contactoare, întreruptoarele automate se caracterizează prin faptul că odată închise contactele principale, ele sînt menținute în poziția „închis” cu ajutorul unui zăvor mecanic numit „roască”; acesta blochează contactele mobile la sfîrșitul cursei de închidere și le menține în această poziție un timp oricît de lung, fără un consum suplimentar de energie. La comanda voită a unui operator sau la comanda automată a unui releu de protecție, se îndepărtează zăvorul mecanic, eliberînd contactele mobile, care se deschid cu mare viteză sub acțiunea unor resorturi puternice.

• Închiderea întreruptoarelor automate se poate realiza prin diferite metode, ca:

• apăsare — de către un operator — a unui buton de închidere, metoda folosită la aparatele de curenți nominali mici (v. fig. 6.9, a);



Fig. 6.8. Întreruptor automat USOL 250 A cu servomotor

Fig. 6.7. Întreruptor automat cu electromagnet de acționare.

- acționarea unei manete (fig. 6.9, b, 6.9, c, 6.9, d);
- folosirea unui electromagnet de acționare (fig. 6.9, e) sau a unui servomotor (fig. 6.9, f).

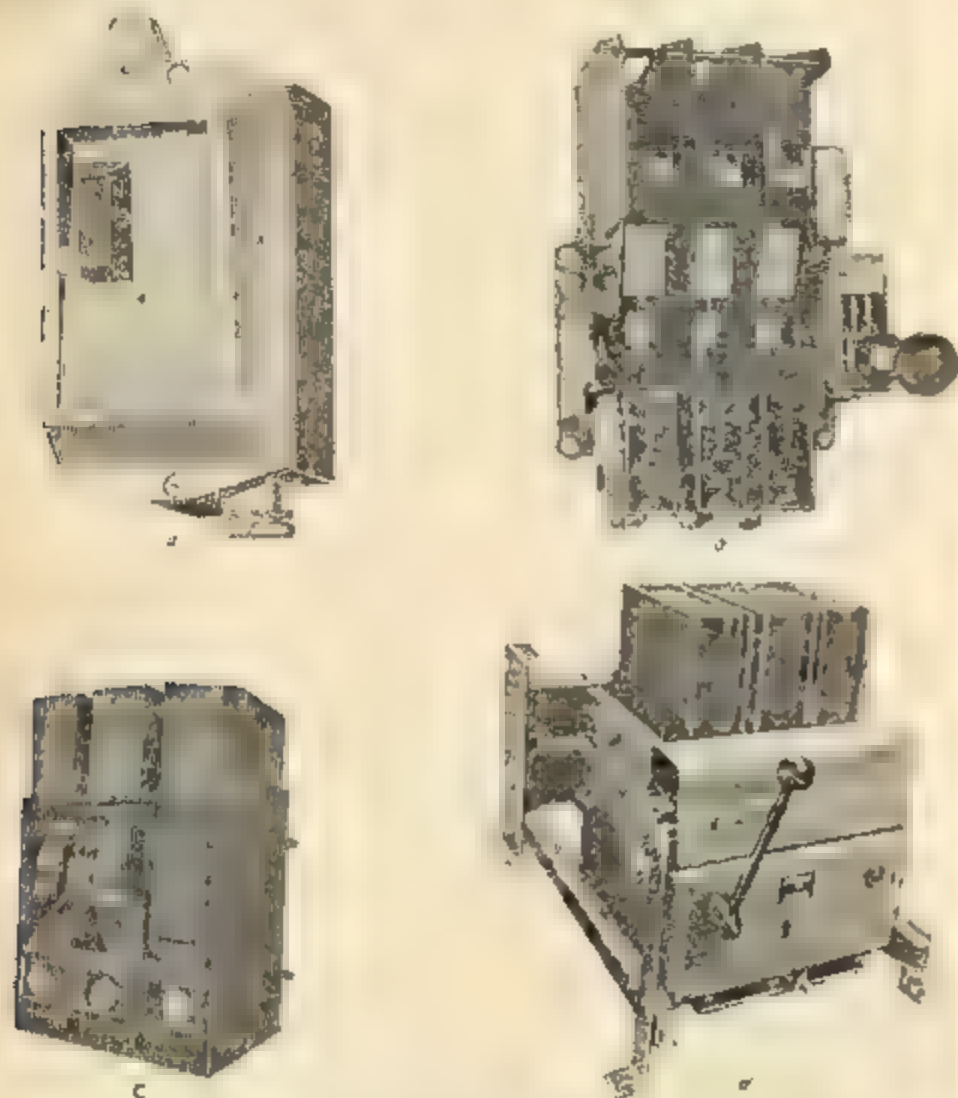


Fig. 6.9. Întreruptoare automate de joasă tensiune — tipuri constructive
a — întreruptor tripolar cu acționare prin buton; b — întreruptor tripolar cu acționare
descăsușă; c — întreruptor automat encapsulat în carcasă; d — întreruptor au-
tomat limitator

- folosirea unui dispozitiv de acționare cu acumulare de energie resort.

● **Avantaje.** Principiul menținerii în poziția „închis” prin interacțiunea unui mecanism cu zăvor permite

posibilitatea obținerii unor capacități de rupere mari, prin folosirea unor resorturi de declanșare puternice. Viteza mare de deschidere, completată cu utilizarea unor dispozitive de suflaj magnetic și unor camere de stingere bine studiate, permite realizarea unei capacități de rupere de ordinul a 5—80 kA și, ca urmare, folosirea întreruptoarelor automate ca aparate de bază pentru protecția la scurtcircuit (necesitând nevoie de siguranțe fuzibile).

Insensibilitate la variațiile de tensiune ale rețelei, întreruptorul rămânând închis chiar dacă tensiunea dispare complet;

— economie de energie,

posibilitatea de a se dimensiona electromagnetul mai economic; în cazul acționării prin electromagnet — dat fiind faptul că el se află sub tensiune numai o fracțiune de secundă, cît se produce incendierea;

rezistență mult mai mare la solicitări prin vibrații și șocuri mecanice.

● **Dezavantaje.** Folosirea zăvorului mecanic are însă și dezavantaje, cele mai importante fiind

frecvența de conectare permisă este foarte mică (cel mult câteva zeci de manevre pe zi), durata de serviciu fiind de ordinul zecilor de mii de acționări;

— aparatul are o construcție complicată fiind în consecință și relativ scump.

2. Tipuri și caracteristici constructive

Data fiind varietatea mare a domeniilor de utilizare, se întâlnește și o mare varietate a tipurilor constructive de întreruptoare automate. Se pot distinge totuși câteva categorii principale de astfel de aparate.

● **Întreruptoarele automate de instalații** sînt dotate cu declanșatoare termice și electromagnetice pentru protecția împotriva supraîncălzirii și scurtcircuitelor. În raport cu siguranțele fuzibile, ele prezintă numeroase avantaje

— posibilitatea de restabilire imediată a curentului fără a se pierde timpul necesar găsirii și montării unui element de înlocuire nou în locul celui ars;

— nu mai este necesar un stoc de elemente de rezervă și, în consecință, se evită pericolul pe care îl prezintă pentru securitatea locuințelor și a instalațiilor înlocuirea fuzibilelor arse prin fuzibile improvizate sau fire groase de cupru,

— se poate obține și o protecție eficientă împotriva suprasărilor, lucru practic irealizabil cu siguranțele fuzibile rapide;

— se poate regla la fața locului curentul de declanșare a automatului în funcție de curentul real de serviciu al instalației, ceea ce mărește mult eficacitatea și operativitatea protecției.

Deși, însă, ele sunt mai scumpe decât siguranțele.

Se deosebesc diferite tipuri constructive: cu prindere pe șurub, cu placă frontală, cu filet Edison pentru înșurubare în soclurile de siguranță de pe tablele existente (numite și siguranțe automate) (fig. 6.10).

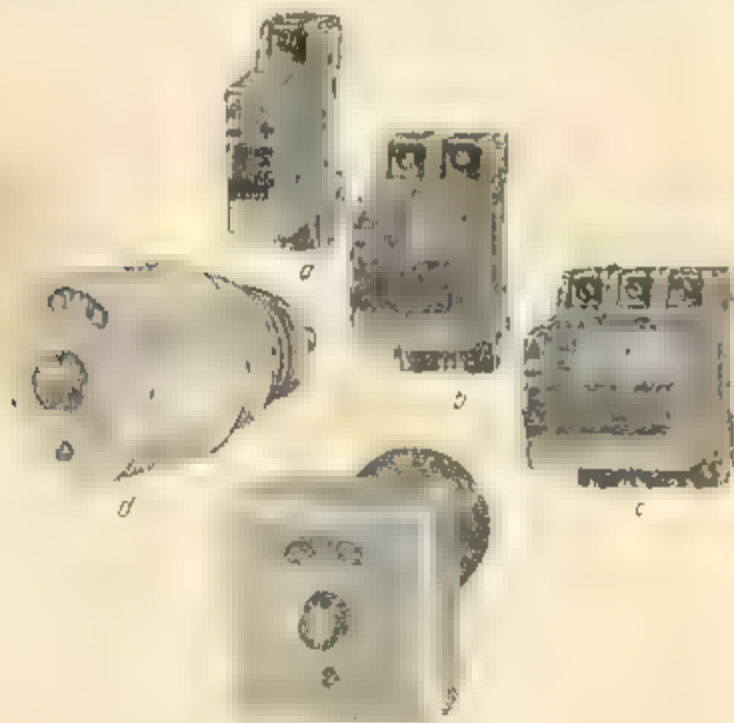


Fig. 6.10. Întreruptoare automate de instalații diferite tipuri constructive
a, b, c - cu prindere pe șurub, d - cu filet Edison, e - cu placă frontală.

• Întreruptoarele automate tripolare comandate prin buton (fig. 6.9, a) se execută pentru intensități nominale până la 40 A.

• Întreruptoarele automate în construcție deschisă, d. tipul celor prezentate în figurile 6.7 și 6.9, b, se construiesc pentru curenți nominali mici și mari, sunt comandate atât manual cât și cu electromagneți sau servomotoare și sunt folosite, în special, pentru protecția circuitelor principale ale alimentărilor cu energie din industrie (se montează totdeauna în celule sau panouri).

• Întreruptoarele automate compacte, în carcasă de masă plastică de tipul celor reprezentate în figurile 6.8 și 6.9, c, se construiesc pentru curenți nominali de ordinul sutelor de amperi, ele sunt folosite pentru protecția circuitelor electrice din instalațiile industriale, unde se impun dimensiuni reduse ale panourilor.

• Întreruptoarele automate limitatoare (fig. 6.9, d) se construiesc pentru instalații de ordinul sutelor de amperi și capacități de rupere până la 100 kA virtuali. Ele limitează valoarea curentului de scurtcircuit al aparatelor în instalație, reducând mult solicitările termice și electrodinamice la care este supusă instalația în acest caz (de aici le vine și numele de întreruptoare limitatoare). Pot fi acționate manual sau cu servomotor.

• Tipuri de aparate mai deosebite sînt:

— întreruptoarele automate rapide de curent continuu, dotate cu relee sensibile la panta curentului de scurtcircuit, în vederea asigurării unei protecții cât mai eficiente a redresoarelor;

— întreruptoarele automate pentru protecția împotriva apariției de defect, care sesizează diferența între valorile curenților de pe conductorul de fază și de nul, diferență care dovedește apariția unei scurgeri de curent la masa (curent de defect) și deci a unei slăbiri a izolației. Producând întreruperea imediată a circuitului atunci când curentul de defect a trecut de un anumit nivel, ele protejează foarte eficient împotriva pericolului electrocutării și incendiilor (fig. 6.11).

Întreruptoarele automate diferă, de asemenea, prin modul de acționare și prin gradul de echipare cu dispozitive accesorii, cum sînt: contacte de semnalizare, dispozitive de declanșare de la distanță, declanșatoare de tensiune minimă, dispozitive de temporizare a declanșării prin relee etc.

În prezent, practic toate întreruptoarele automate de joasă tensiune se execută ca aparate de întrerupere în aer.

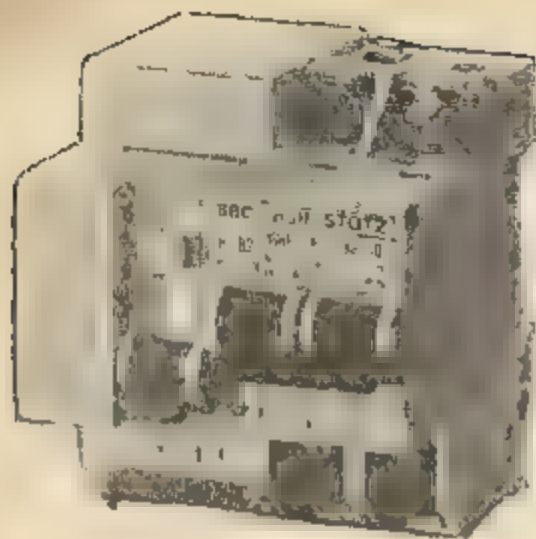


Fig. 6.11 Întreruptor automat pentru protecția împotriva curenților de defect (IAPCD).

Oricare ar fi varianta constructivă, un întreruptor automat este constituit din următoarele elemente componente.

- *circuitul principal de curent*, format din contacte principale, contacte de rupere (bobine de sugaj magnetic), coarță de suflaj și borne de racord la circuitul exterior realizate din profile de cupru.

- *Pastilele de contact* se execută din materiale sinterizate (argint cu wolfram). La întreruptoare mari se folosesc două categorii de contacte pe pol: contacte principale care se execută din argint, și contacte de rupere care se execută din argint wolfram, cu peste 50 % W, argint-grafit și altele.

- *camerele de stingere a arcului electric*, executate din materiale rezistente la acțiunea arcului electric;

- *prese izolante pentru suflarea curenților de curent și separarea fazelor* realizate de obicei prin presare din rășini fenolice,

- *mecanismul de acționare și căderii*, realizat din table și profile de oțel tratate în mod special pentru a face față uzurilor și șocurilor,

- *carcasa aparatului*, executată din tablă de oțel la aparatele mari, și din rășini fenolice la aparatele mici și întreruptoarele tip „compact”

- *elementele de protecție* declanșatoare termice, declanșatoare electromagnetice instantanee sau temporizate, iar la întreruptoarele automate folosite pentru protecția motoarelor și declanșatoare de tensiune minimă,

elemente accesorii bobine de declanșare transformatoare de curent, contacte auxiliare etc.

D. APARATE ANTIGRIZUTOASE ȘI ANTIEXPLOZIVE

Electrificarea exploatarilor miniere a impus folosirea în subteran a tuturor tipurilor de aparate electrice de joasă tensiune. Pentru a evita pericolul de explozie a fost necesar ca toate aceste aparate să fie închise cu carcase suficiente de rezistente pentru a suporta explozia gazelor din interior și să fie astfel construite încât să nu tragă explozia din exterior (vezi capitolul 2 par. D.2). Deoarece gazul exploziv din minele de carbun se numește „gaz” aparatele folosite în minele de carbun, se numesc *antigrizutoase*. Ele sunt însă numai în caz particular al unei categorii mai mari, aparatele *antiexplozive*.

Acese aparate, al căror principiu de construcție este același se construiesc în diferite variante, în funcție de locul unde sunt folosite și de natura gazului exploziv care poate apărea în acel loc.

Ele sunt necesare în industria chimică, la exploatarea petrolului, la rafinării etc.

E. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII ÎN CONSTRUCȚIA ȘI EXPLOATAREA APARATELOR ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

Conceptia constructivă a aparatelor electrice trebuie să asigure o deplină securitate a operatorilor

1. Măsurile privind construcția aparatelor

Măsurile constructive care trebuie să se impună mai multe categorii. Prima împotrivă a trecerii prin așchi sau a creșterii altor pieselor de manevră și a celorlalte piese metalice care operaorul poate veni accidental în contact. Piese de manevră trebuie să fie din material izolant sau înbrăcate în material izolant iar piesa metalică pe care acționează piesa de manevră trebuie să fie izolată față de părțile sub tensiune respectându-se distanțele de străpungere și contururile stabilite de norme. Cadrul metalic al aparatului trebuie să fie prevăzut cu șurub de punere la pământ, iar zona din jurul șurubului trebuie să fie colorată și să rămână neoposită pentru a se asigura un

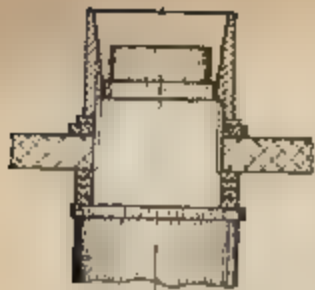


Fig. 6.12. Buton cu inel de protecție.

contact electric bun al conductorului de legare la pământ

○ **Notă.** Pentru mai multă siguranță împotriva electrocutării, este recomandată folosirea tensiunii nepericuloase de 24 V în toate circuitele de comandă

Aparatele care nu sînt montate în încăperi speciale trebuie să fie închise în carcase în locurile umede, cu pericol mare de electrocutare, carcasa trebuie să nu poată fi deschisă de personal ne calificat, ele trebuie să fie prevăzute cu șuruburi necesitînd chei speciale

(de exemplu, șuruburi cu cap triunghiular) sau cu blocaje care să nu permită deschiderea capacului decît după ce întreruptorul interior a fost scos de sub tensiune.

- **Protecția împotriva acționării accidentale a aparatelor** prin prevederea butonului de comandă cu inele de protecție (fig. 6.12). Pentru evitarea comenzilor greșite, indicațiile butoanelor trebuie să fie foarte clare, eventual cu imagini sugestive.

- **Protecția împotriva manifestărilor exterioare ale întreruperii curentului:** flăcări gaze fierbinți, gaze ionizate etc. Pentru aceasta, carcasa de protecție trebuie să reziste la presiunea gazelor produse la întreruperea curentului (corespunzător capacității de rupere, ieșirea gazelor fierbinți trebuie să fie orientată numai în sus, în afara zonei în care s-ar putea găsi mîna sau fața operatorului.

2. Măsuri privind exploatarea aparatelor

Măsurile care trebuie luate în exploatare se împart în:

- măsuri care trebuie luate la montarea aparatelor;

- măsuri care trebuie luate în cursul exploatării

La montarea aparatelor este necesar:

- să se verifice concordanța dintre parametrii instalației și datele marcate pe aparat sau înscrise în catalogul produsului;

- să se verifice izolația aparatului și funcționarea lui corectă;

- să se fixeze bine aparatele pe panou sau pe perete, să se etanșeze corect trecerile conductoarelor, să se închidă bine capacele, să se respecte distanțele minime prevăzute în instrucțiuni față de alte aparate, și în special în partea superioară față de alte piese puse la pământ sau sub tensiune;

- să se instruiască personalul asupra modului de deservire marcată, să se explice butoanele și manetele de comandă și afișîndu-se principiile indicației privind acționarea mașinii și în special acțiunile periculoase care trebuie evitate.

În exploatarea aparatelor este necesar:

- să nu se intervină la aparate decît după ce au fost sigur scoase complet de sub tensiune, de la întreruptorul sau separatorul din amonte și aceasta trebuie atîrnată o tăbliță cu textul „**Atenție! Se lucrează pe linie!**”.

Orice manevră la aparatele deschise trebuie făcută cu mîna protejată cu mînușă electroizolantă de cauciuc și cu fața terată printr-o tăbliță sau un paravan.

○ **Atenție!** Închiderea este mai periculoasă decît deschiderea! Nu uitați că puteți închide pe un scurtcircuit!

Verificarea cunoștințelor

- 6.1. Ce funcție are într-un contactor și de ce este necesar?
- 6.2. Cum pot fi acționate contactoarele?
- 6.3. Pentru ce utilizări sînt recomandate contactoarele cu mișcare de rotație?
- 6.4. Ce avantaje prezintă contactoarele cu mișcare de rotație?
- 6.5. Ce categorii de regim de lucru sînt stabilite pentru contactoarele de rotație?
- 6.6. Explicați pe scurt funcționarea contactorului cu relee termice.
- 6.7. Ce blocaje sînt asigurate de schema inversorului de sens automat?
- 6.8. Ce avantaje prezintă utilizarea întreruptoarelor automate de instalație?
- 6.9. Ce avantaje prezintă folosirea întreruptoarelor automate față de contactoarele cu relee?
- 6.10. Ce elemente de protecție intră în componența unui întreruptor automat?
- 6.11. Cum se asigură din construcția aparatelor electrice protecția împotriva electrocutării?
- 6.12. Ce măsuri trebuie luate la montarea aparatelor electrice?

APARATAJ AUXILIAR PENTRU ACȚIONĂRI INDUSTRIALE ȘI AUTOMATIZĂRI

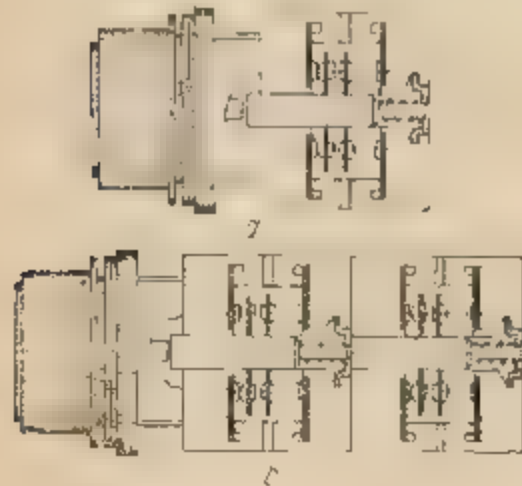
Includem în această grupă aparatele necesare pentru comandă la distanță a contactelor electrice și magnetice, precum și cele pentru semnalizarea situației din circuitul comandat.

A. BUTOANE DE COMANDĂ

Butoanele de comandă sunt folosite pentru acționarea contactelor pe mașini unelte, ascensoare, mașini de transport, etc. Ele sunt în general prevăzute cu un contact normal deschis (ND) și un contact normal închis (NI) putând fi folosite deci în cele două funcții de comandă: fie ca butoan de oprire, în funcție de contactul care se conectează în circuit. Butoanele mai complexe (duplex) pot comanda simultan deschiderea unor circuite și închiderea altora (fig. 7.1).

Butoanele de comandă sunt acționate numai manual. Ele au o singură poziție stabilă, la care revin îndată ce butonul nu mai este acționat.

Curenții nominali de serviciu sunt, de obicei, 6 A (rar, 10 A) în curent alternativ și 1,5—2 A în curent continuu.



Butoanele de comandă se împart în două grupe mari:

- butoane pentru montare pe panou,
- butoane cu cadru închis (fig. 7.3).

Din punctul de vedere al funcției îndeplinite, există o foarte mare varietate constructivă: butoane normale (fig. 7.2, a), butoane cu pereche (fig. 7.2, b) cu capul mai mare folosite ca butoane de oprire și de avarie, butoane cu hermetizare (fig. 7.2, c) care se pot monta pe poziția dorită împiedicând acționarea de către cel care nu posedă cheia, butoane cu lampă (fig. 7.2, d), care luminează când dau comanda, butoane cu rețetă care rămân pe poziția de comandă care pot realiza și mișcare sau rotație și mare altceva.

O categorie importantă o constituie butoanele selector, care pot realiza diferite scheme în funcție de poziția în care mișcarea rotativă cu care se acționează este prevăzută (fig. 7.2, e).

Acest lucru îl pot realiza și butoanele manipulator, prevăzute cu o manetă la o anumită poziție (sus, jos, stnga, dreapta) care realizează

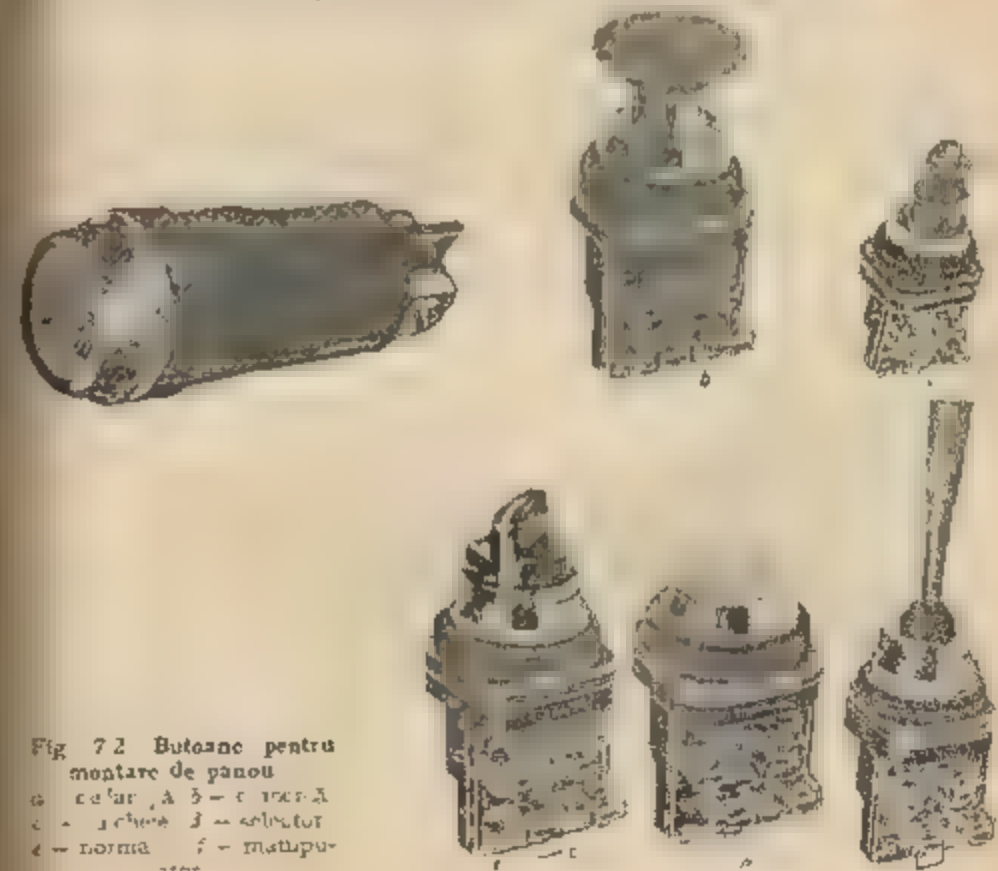


Fig. 7.2. Butoane pentru montare pe panou:
a - simplu, b - pereche, c - hermetizat, d - normal, e - manipulator.

zarea anumitor scheme, de obicei destinate acționării unui organ al mașinii chiar în sensul indicat de maneta manipuloare (fig. 7.2, f).

Butoanele în cutii închise se clasifică în primul rând prin numărul de butoane incluse în cutie, în al doilea rând prin gradul de protecție asigurat de cutie.

De obicei, butoanele de comandă sunt colorate sau marcate după un anumit cod:

verde sau litera *I* indică butonul de pornire, respectiv de punere sub tensiune a circuitului,

roșu sau litera *O* indică butonul de oprire, respectiv de scoatere de sub tensiune a circuitului.

Unii producători folosesc concomitent marcarea prin culori și prin litere.

B. CHEI DE COMANDĂ

Cheile de comandă sunt variante ale butoanelor selectoroare sau ale comutatoarelor cu came cu curent nominal mic (10-16 A), servind ca aparate de conectare pentru circuitele de comandă. Au două sau mai multe poziții stabile (cu reținere), dar pot avea și poziție pasageră (cu revenire). Unele variante sunt prevăzute și cu lampă de semnalizare.

C. LĂMPI ȘI CASETE DE SEMNALIZARE

Lămpile de semnalizare servesc pentru semnalizarea luminoasă pe panouri și papirte de comandă, a poziției aparatelor mai importante de conectare sau pentru a indica anumite situații normale sau anormale în instalația supravegheată (fig. 7.3).

Casetele de semnalizare sunt tot lămpi de semnalizare, având cutia de dimensiuni mai mari și o placă frontală din sticlă opacă pe care se pot aplica anumite inscripții, în scopul de a ușura supravegherea regimului de funcționare a instalației.

D. LIMITATOARE DE CURSĂ

Limitatoarele de cursă sunt aparate de conectare care întrerup sau stabilesc circuite sub acțiunea unui element mecanic al instalației aflat în mișcare.

Astfel, în instalațiile cu piese în mișcare, acționate electric, cum sunt, mașinile-unelte, podurile rulante, ascensoarele etc. apare în



Fig. 7.3. Lămpi și casete de semnalizare.

mod frecvent necesitatea fie de a se întrerupe funcționarea instalației când cursa organelor în mișcare a depășit limita permisă, fie de a se comanda o anumită succesiune de operații, în funcție de poziția unor piese în mișcare.

Deplasarea elementelor mecanice de comandă este de multe ori foarte lentă, dacă deplasarea contactelor mobile ar fi legată direct de organul de comandă, contactele s-ar uza rapid. De aceea, toate limitatoarele de cursă directe (cu curenți mari) au dispozitive de acționare bruscă a contactelor, iar cele indirecte există în ambele variante: cu contact de translație (fig. 7.4, a) și cu contact săritor (fig. 7.4, b).

Limitatoarele de cursă directe întrerup chiar curentul de alimentare a motorului.

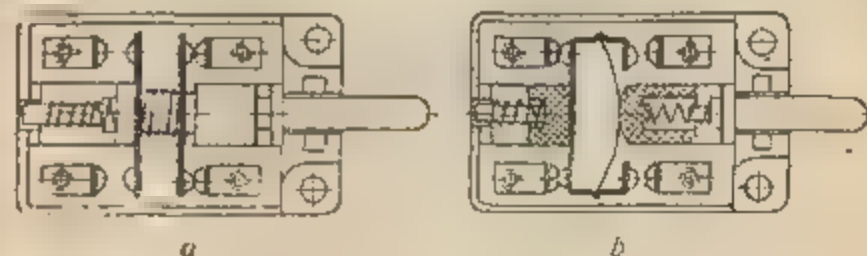


Fig. 7.4. Limitatoare de cursă:

a — cu translație; b — cu contact săritor, elemente cinematice.

Ele se execută ca aparate de întrerupere în aer sau în ulei, pentru curenți nominali cuprinși între 25 și 100 A (rar 200 A) și tensiune nominală de 500 V.

Limitatoarele în ulei sunt folosite numai în medii cu mult praf, vapori corosivi sau gaze explozive.

• **Limitatoarele de cursă indirecte** întrerup curenții de alimentare a bobinei unui contactor, care la rindul său realizează întreruperea alimentării cu energie a motorului.

Limitatoarele de cursă indirecte se execută numai ca aparate de întrerupere în aer, fiind dimensionate pentru 6 A sau cel mult 10 A, la 380 și 500 V. Ele se construiesc pentru frecvențe mari de conectare (600–1000 de conectări pe oră), dar au o putere de rupere mică.

O mare varietate de elemente cinematice asigură satisfacerea numeroaselor necesități ale construcției mașinilor unelte (fig. 7.4)

E MICROÎNTRERUPTOARE

Microîntreruptoarele sunt caracterizate prin:

— *întrerupere bruscă* independentă de viteza de deplasare a organului de acționare;

— *funcționare foarte precisă* (comutarea contactelor dintr-o poziție în alta se face la o anumită poziție foarte bine definită, a elementului de acționare);

— *efort mic și cursă foarte redusă* a elementului de acționare;

— *dimensiuni reduse*;

— *frecvențe mari de conectare* (de ordinul a citorva mii de conectări pe oră) și *durată de serviciu foarte mare* (de ordinul a un milion de manevre).

— *curenți nominali de ordinul a 6–10 A în curent alternativ și a 0,5–2 A în curent continuu.*

Se folosesc diferite soluții constructive, cu lamelă elastică în T, cu lamelă elastică în arc de cerc, cu resort elicoidal (fig. 7.5)

Lamelele elastice se execută din bronz cu beril, singurul material capabil să asigure o durată mare de serviciu.

Pentru a se satisface multiplele necesități ale instalațiilor moderne, se fabrică astăzi o mare diversitate de microîntreruptoare, care se deosebesc în special prin dimensiuni (fig. 7.6) și elemente cinematice (fig. 7.7).

Fig. 7.5. Soluții constructive pentru deplasarea bruscă a contactului mobil al microîntreruptoarelor

a — lamelă elastică în T, b — lamelă elastică în arc de cerc, c — resort elicoidal

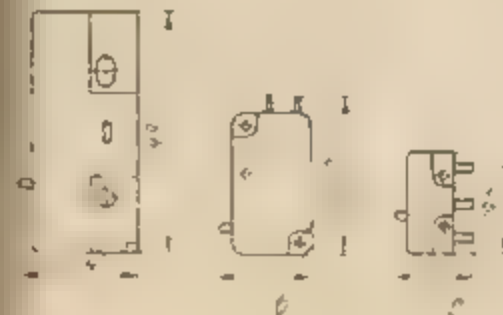


Fig. 7.6. Microîntreruptoare — dimensiuni uzuale

a — normal, b — miniatură, c — subminiatură

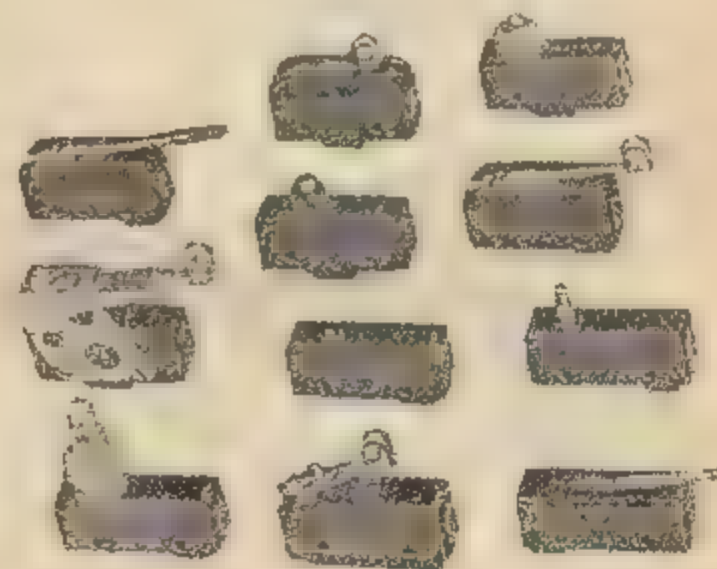


Fig. 7.7. Microîntreruptoare cu diferite elemente cinematice

F. ÎNTRERUPTOARE TRESTIE (RELEE REED)

Aceste relee sînt formate din două lamele subțiri de material magnetic (aliaj de fier cu nichel) închise etanș într-un tub subțire de sticlă (fig. 7.8).

În mod normal, lamelele sînt dispuse la o distanță foarte mică între ele, distanță care asigură totuși izolația necesară. Dacă se apropie de acest tip de magnet sau se introduce tubul în câmpul electromagnetic al unei bobine parcurse de curent continuu, lamelele se magnetizează și se lipesc, stabilind în acel punct un contact electric. La dispariția câmpului magnetic exterior, lamelele revin, prin arcuire proprie, în poziția inițială, întrerupînd astfel circuitul.

Pentru obținerea unui bun contact electric, lamelele se acoperă în zona de contact cu un metal nobil care poate fi, după caz, aur, argint, rod, u etc.

Tubul este umplut cu un gaz inert, pentru a proteja suprafețele de contact împotriva coroziunilor și oxidărilor și pentru a menține o rezistență de contact cit mai coherită și constantă.

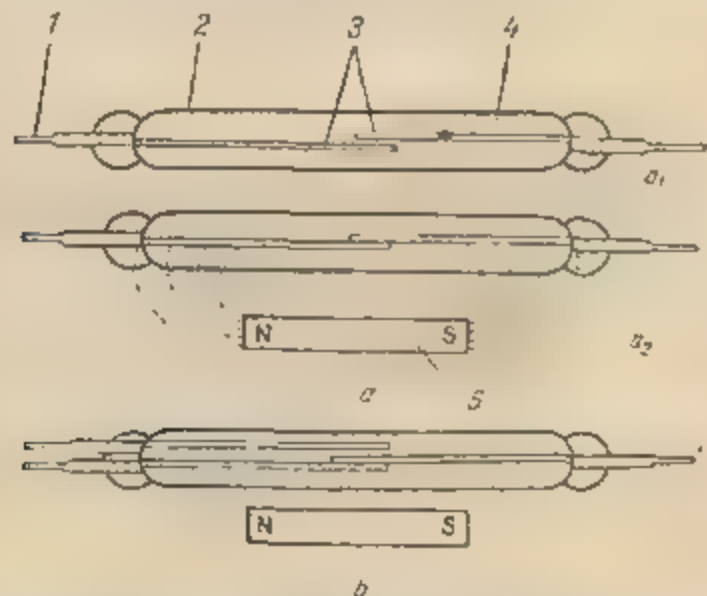


Fig. 7.8. Relee trestie (Reed)

a - cu funcție de întreruptor (a₁ - în poziție deschisă, a₂ - în poziție închisă), b - cu funcție de comutator. 1 - bornă de legătură la circuitul exterior, 2 - tub de sticlă, 3 - lamele din material magnetic, 4 - atmosferă de gaz inert, 5 - magnet de comandă.

Avantajele pe care le prezintă aceste întreruptoare (viteză mare de acționare, rezistența mică de contact, consum de energie foarte mic pentru acționare, insensibilitate față de mediul ambiant, dimensiuni reduse și durată mare de serviciu) le fac deosebit de utile în circuitele electrice de automatizare.

G. RELEE INTERMEDIARE

Releele intermediare sînt folosite pentru amplificarea puterii de comandă sau transmiterea simultană de comenzi în mai multe circuite distincte.

Se realizează în construcții similare contactoarelor electromagnetice.

Verificarea cunoștințelor

- 7.1. Ce variante constructive ale butoanelor de comandă cunoașteți?
- 7.2. La ce servesc butoanele cu tipulatoare?
- 7.3. Cum se marchează butoanele de pornire și oprire?
- 7.4. Care sînt caracteristicile microîntreruptoarelor?
- 7.5. Ce avantaje prezintă întreruptoarele trestie?
- 7.6. Ce funcții pot îndeplini în instalații releele intermediare?

APARATE ELECTRICE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Înalta tensiune cuprinde întregul domeniu al tensiunii nominale de la 1 kV în sus.

În cadrul acestui domeniu se numesc *tensiuni medii* tensiunile nominale peste 1 kV și mai mici de 10 kV, folosite exclusiv pentru alimentarea motoarelor mari (1-6 kV) și pentru distribuție. *Tensiunile foarte înalte* de la 110 kV în sus se folosesc de regulă numai pentru transportul energiei electrice.

În instalațiile de înaltă tensiune se folosesc o serie de aparate care, cu același rol funcțional ca în joasă tensiune, au caracteristici specifice. Le vom analiza în cele ce urmează.

A. SEPARATOARE

Separatoarele sînt aparate de comutare destinate conectării și deconectării circuitelor sub tensiune, laî fără sarcină, separat a ființă vizibilă și cu suficientă izolație, pentru ca, pe circuitul deconectat, personalul de întreținere să poată executa lucrări în deplină siguranță.

Separatoarele au o capacitate de rupere foarte redusă (pot întrerupe cel mult curenții de magnetizare ai transformatoarelor mici de ordinul a câtorva amperi).

Se realizează în numeroase tipodimensiuni care se deosebesc prin parametri nominali (tensiuni între 1 și 750 kV, curenți între 200 și 6 000 A), prin numărul de poli și prin tipul constructiv.

La separatoarele cu cutii folosite în instalațiile de interior pînă la 35 kV, iar în exterior pînă la 220 kV, cutitul execută o mișcare de rotație în planul axelor izolatoarelor (fig. 8.1 și 8.2).

La separatoarele de tip rotativ (fig. 8.3) cutitul se deplasează într-un plan perpendicular pe planul axelor izolatoarelor.

În instalațiile de foarte înaltă tensiune, unde vederea reducerii spațiului ocupat de separatoare se folosesc separatoarele tip pantograf și semipantograf cu un singur izolator suport (fig. 8.4 și 8.5).

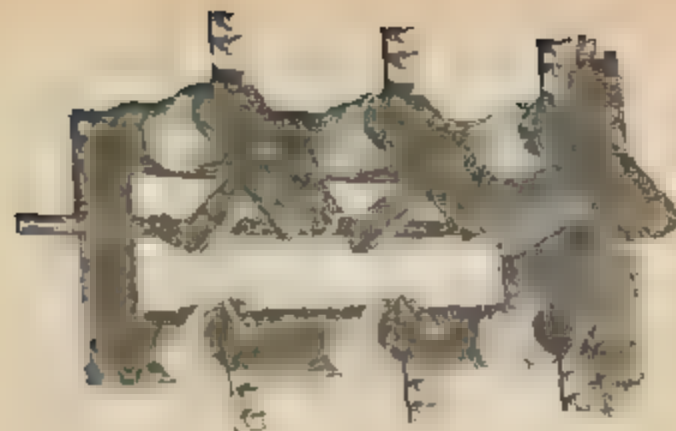


Fig. 8.1. Separator tripolar cu cutii, de interior (10 kV, 1000 A).

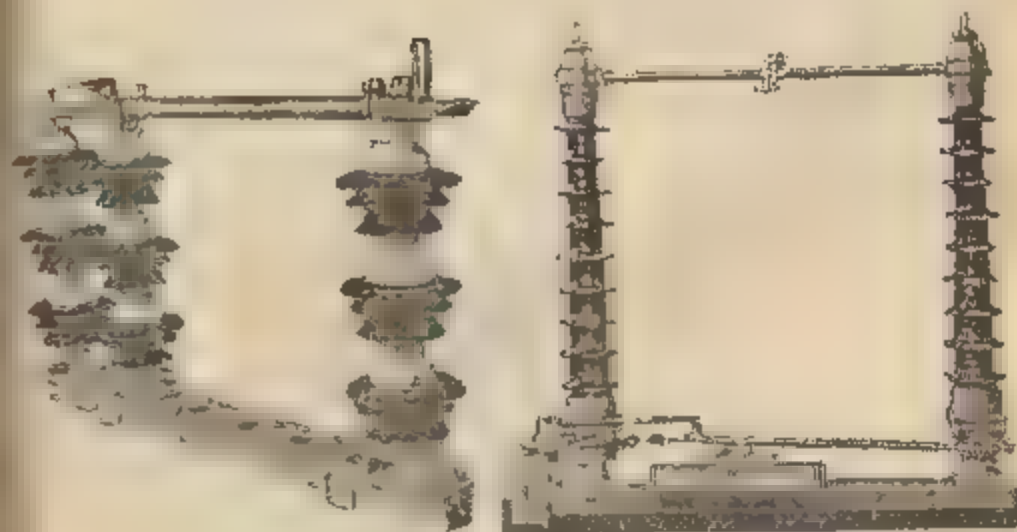


Fig. 8.2. Separator cu cutii, de exterior (110 kV, 600 A).

Fig. 8.3. Separator rotativ (110 kV, 600 A).



Fig. 8.4 Limbatoare de curent
a - deschis b - inchis



Fig. 8.5 Separator semipantograf 400 kV.

B. SEPARATOARE DE SARCINĂ

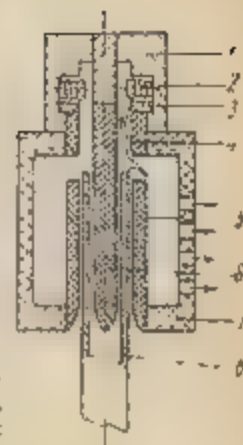
În instalațiile electrice de înaltă tensiune este în general necesară pentru orice plecare înserierea unui întreruptor automat (pentru comandă și protecție) cu un separator (pentru separare vizibilă). În instalațiile de medie tensiune, pentru consumatori de mică putere, este însă posibilă folosirea unui singur aparat care să realizeze toate funcțiile (și care revine astfel mult mai ieftin). Acest aparat este separatorul



Fig. 8.6. Separator de sarcină pentru 20 kV, 400 A asociat cu siguranțe fuzibile.

Fig. 8.7. Cameră de stingere cu autoformare de gaze:

1 - cameră de presiune, 2 - contact fix; 3 - contact de repere, 4 - inel de stingere, 5 - tub de stingere, 6 - știft de stingere (reperul 4, 5 și 6 sînt din material generator de gaze); 7 - cameră de destindere a gazelor; 8 - contact mobil.



de sarcină (fig. 8.6) care are în plus față de separator un cuțit de rupere, camere de stingere și un sistem de deschidere rapidă. Ca urmare, el poate întrerupe curentul de ordinul curentului nominal protecția la scurte reuind fiind preluată de siguranțe fuzibile asociate sau de un întreruptor automat din amonte.

Arcul electric se stinge prin suflaj în camere de stingere cu autoformare de gaze plate sau t bulare, cu pereți din material gazogen ca titra vulcanică sau plexiglasul, care au proprietatea de a degaja gaze sub acțiunea temperaturii înalte a arcului electric (fig. 8.7), sau în camere de stingere cu autocompresie (dotate cu un piston care, sub acțiunea deplasării cuțitului, produce un mic volum de aer comprimat)

C. ÎNTRERUPTOARE AUTOMATE

1. Generalități

În întreruptoarele moderne de înaltă tensiune (cu excepția întreruptoarelor în vid) stingerea arcului se face prin suflaj coloana de arc fiind supusă acțiunii de răcire și de deionizare a unui jet de gaz

După modul de producere a acestui gaz, întreruptoarele se împart în două mari grupe: cu acțiune internă și cu acțiune externă.

• La întreruptoarele cu acțiune internă, cum sunt de exemplu întreruptoarele cu ulei puțin, debitul de gaz — deci efectul de stingere — crește o dată cu valoarea curentului întrerupt, deoarece gazul (hidrogen) este produs prin descompunerea aleeului sub acțiunea arcului electric.

Rezultă câteva caracteristici specifice:

— puterea de rupere nu este limitată decât de rezistența mecanică a camerei de stingere;

— curenții mici sunt întrerupți greu fiind necesar un dispozitiv suplimentar de suflaj, independent;

— aparatele sunt sensibile la defectul evolutiv (aparitia unui curent mare de scurtcircuit în timpul stingerii unui curent mic).

• La întreruptoarele cu acțiune externă, cum sunt întreruptoarele cu aer comprimat și cele cu boxuluarări de sulf, debitul de gaz este independent de valoarea curentului și este cal ulat pentru valoarea masivă pe care trebuie să o poată întrerupe aparatul.

Deci:

— aparatele au o putere de rupere strict limitată;

— curenții mici sunt întrerupți violent (inaintea de trecerea naturală prin zero), din care cauză apar supratensiuni;

— aparatele sunt sensibile la defectul kilovolt (curent de scurtcircuit cu pantă foarte mare a tensiunii de revenire*) care apare atunci cind se înteromul se produce în zona periculoasă de 0,8 — 0,9 km distanță de întreruptor).

2. Întreruptoare automate cu ulei puțin

Primele întreruptoare automate de înaltă tensiune au fost întreruptoarele cu ulei puțin, în care uleiul avea rolul de a asigura a fuziilor lată de masă, de răcire a arcului și a preselor de arci și în special de deionizare (datorită presiunii mari a hidrogenului, produsul acțiunea arcului electric). A est ultim efect a fost considerabil mărit o dată cu

* Tensiunea de revenire este tensiunea care apare între contactele deschise după stingera a cului. Dacă tensiunea revine rapid, se restabilește rigiditatea dielectrică a spațiului, arcul se reaprinde.

folosirea unor camere de stingere astfel construite încît gazul sub presiune antrenund și particule de ulei rece, să fie dirjat asupra arcului sub forma unui jet longitudinal sau transversal.

Păstrind numai camera de stingere și trecînd funcția de izolare a uleiului asupra unor izolatoare ceramice, s-a ajuns la întreruptorul cu ulei puțin, care datorită marilor avantaje pe care le prezintă față de întreruptorul cu ulei mult (în special eliminarea pericolului de explozie și incendiu) l-a înlocuit integral. Întreruptoarele cu ulei puțin pînă la 20 kV se realizează de obicei în construcția numită „în consolă” (fig. 8.8), cele de tensiune mai înalte — în construcția „tip coloană” (fig. 8.9), iar cele de foarte înaltă tensiune (peste 220 kV) — în construcția „tip V” specifică ruperii multiple (fig. 8.10).

Camerele de stingere folosite în prezent sînt în special camere de tip abarant (fig. 8.1), în care se contacează pe armatoarele electe

— presiunea din camera de stingere, datorită descompunerii bruste a aleeului este în general suficientă pentru stingerea curenților relativ mici (în jurul curentului nominal).



Fig. 8.8. Întreruptor automat cu ulei puțin, construcție „în consolă”.

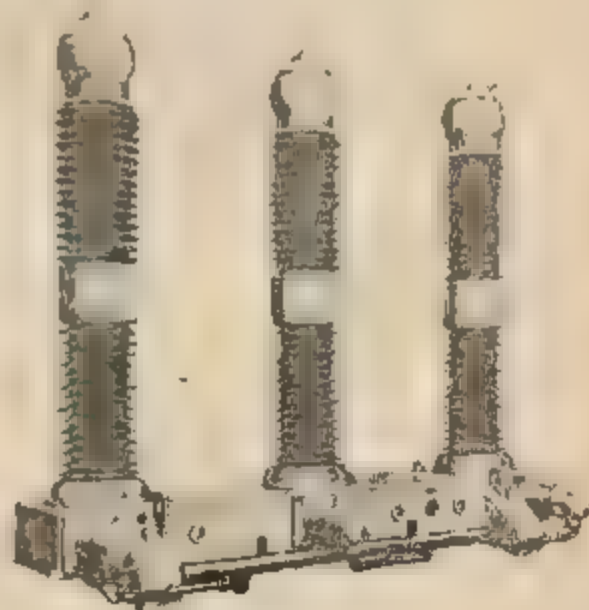


Fig. 8.9. Întreruptor automat cu ulei puțin de 110 kV tip coloană.



Fig. 8.10. Întreruptor automat cu ulei puțin și rupere multiplă în construcție tip V

1 — contact de stingere; 2 — arc; 3 — coloană de izolare-suport; 4 — soclu; 5 — bloc de comandă a acționării; 6 și 7 — borne de intrare, respectiv de ieșire.

— dacă arcul se întinde și în camera 2, în momentul trecerii naturale prin zero, presiunea din coloana de arc scade brusc, iar gazele și mișcările din buzonarele laterale pătrund violent în zona centrală răcind-o puternic, deionizând-o și împiedicând astfel reamorsarea arcului,

— în sfârșit, cînd contactul mobil iese în afara camerei, se produce efectul de ajutaaj, care apare în zona 3 unde coloana de arc este strîngută și spulberată de gazele și uleiul sub presiune care forțează trecerea prin ajutaaj în același timp cu arcul

3. Întreruptoare automate cu aer comprimat (pneumatice)

În cazul întreruptoarelor cu aer comprimat, stingerea arcului electric se obține trimîndu-se asupra spațiului dintre contacte un jet de aer comprimat care spală și îndepărtează gazele ionizate și, prin rigiditatea sa dielectrică mare, împiedică reaprinderea arcului.



Fig. 8.11. Cameră de stingere tip labirint.

Pentru a se obține o putere de rupere cît mai mare, cu un consum redus de aer comprimat, au fost folosite diferite tipuri de camere de stingere (fig. 8.12).

Cele mai bune rezultate s-au obținut prin folosirea efectului de ajutaaj, explicat anterior la întreruptoarele cu ulei puțin.

În legătură cu acest efect, sînt de reliefat două aspecte

— pentru un ajutaaj dat, există o anumită valoare maximă a curentului care poate fi întrerupt cu certitudine. Dacă această valoare este depășită, diametrul coloanei de arc ocupă o parte importantă din secțiunea ajutaajului și, datorită dilatării puternice a gazeilor încălzite de arc, apare o contrapresiune care „înfundă” ajutaajul, împiedicînd curentul de aer proaspăt să-și îndeplinească funcțiunea de răcire și deionizare a coloanei de arc;

— efectul optim se obține dacă trecerea naturală a curentului prin zero are loc în momentul în care tija se găsește la o anumită distanță h de ajutaaj. Ținînd seama că această distanță este mică (de ordinul câtorva centimetri) și deci insuficientă pentru asigurarea rigidității dielectrice după stingerea arcului, constructorii de întreruptoare pneumatice au fost nevoiți să recurgă la soluții foarte originale pentru rezolvarea acestui deziderat

Construcția cu separator exterior: contactul principal se deschide cu distanța h , iar imediat după stingerea arcului se deschide un separator exterior (în-eriat cu contactul principal) asigurînd distanța de izolare

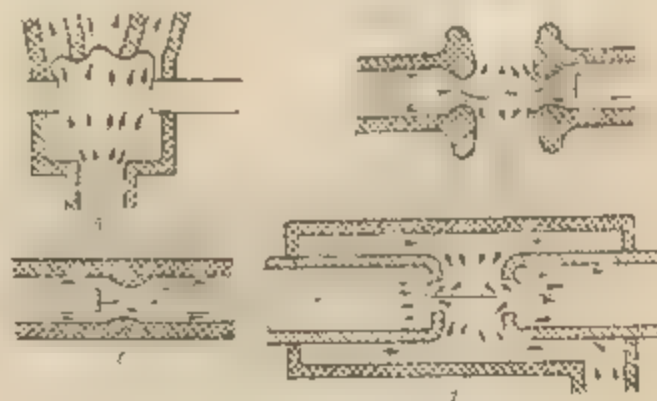


Fig. 8.12. Tipuri de cameră de stingere folosite la întreruptoarele cu aer comprimat:

a — suflaj transversal, b, c — suflaj longitudinal (axial), d — suflaj radial.

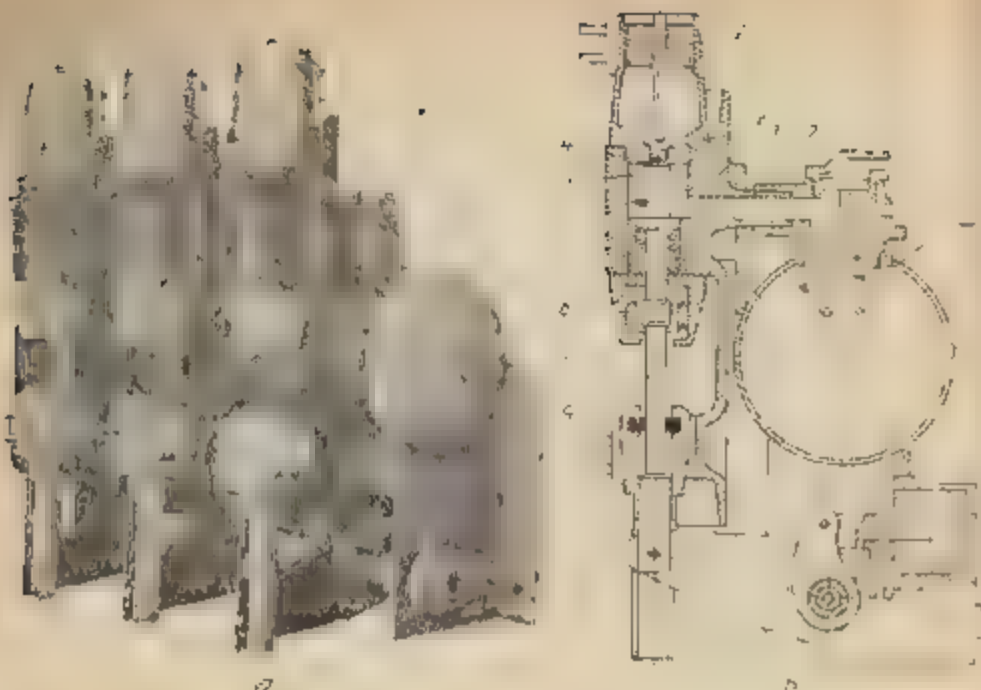


Fig. 8.13. Interrupător automat cu aer comprimat cu contact auxiliar:

1 - vedere, 2 - secțiune, 3 - scut izolant, 4 - contact principal, 5 - contact auxiliar de separare, 6 - parte de ontar, 7 - contact glisier, 8 - suport de deflexie, 9 - rezervor de aer comprimat

necesară. După care se închide contactul principal. Pentru anclanșare se acționează numai separatorul care este construit cu capacitate mare de închidere. Varianta modernă a acestei construcții este cea cu un **contact auxiliar** care preia rolul separatorului (fig. 8.13):

Interrupătoare cu jet liber care folosesc un așutaj fuz din material refractar, contactul fix fiind la distanță mare, suficientă pentru asigurarea rigidității dielectrice (fig. 8.14). Soluția este deosebit de interesantă și prin faptul că elimină necesitatea separatorului.

— în sfârșit o altă soluție este aceea de a **menține aer comprimat** în cameră și **întârzierea arcului** datorită rigidității dielectrice foarte mari a aerului comprimat. Instanța este suficientă în aceste condiții pentru asigurarea rigidității dielectrice.

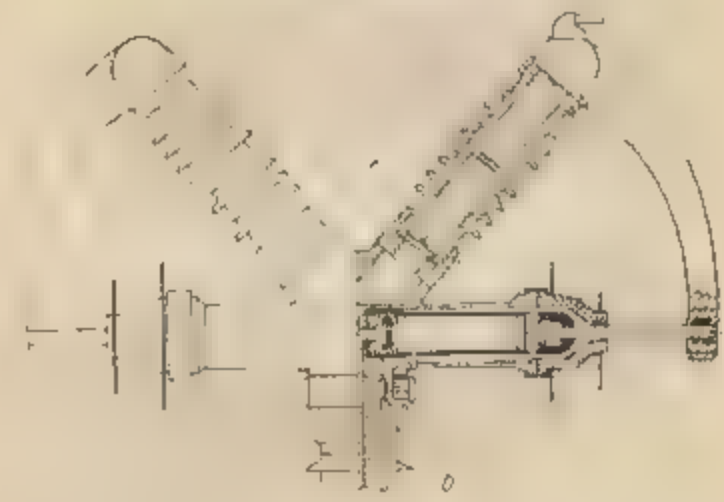
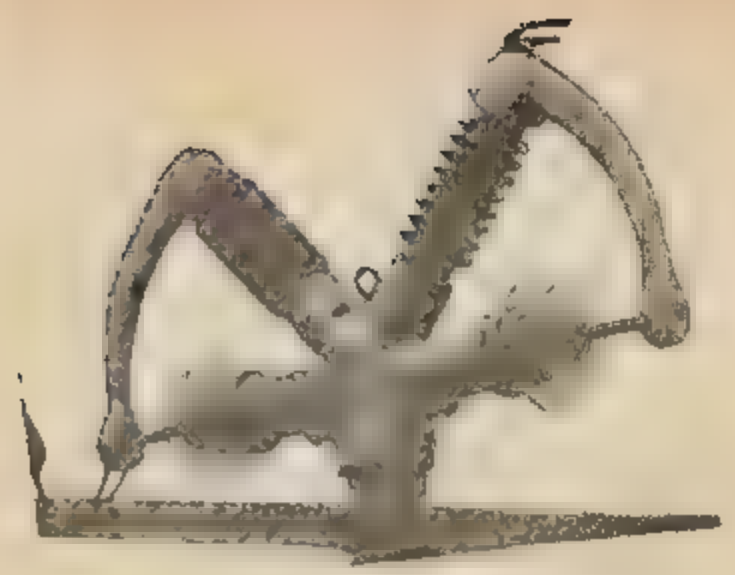


Fig. 8.14. Interrupător cu jet liber — ansamblu de două camere de stingere

a — vedere, b — secțiune.

Avantajele interruptoarelor cu aer comprimat sunt:
— înlăturarea completă a pericolului de incendii și explozii,
— puterea de rupere foarte mare;

întrerupere extrem de rapidă a curenților de scurtcircuit ($0,01-0,003$ s),

- funcționarea sigură și exploatarea simplă;
- greutate și gabarite mici.

Dezavantajele, în afară de cele specifice întreruptoarelor cu acțiune externă, sînt

- construcție mai complicată;
- necesită o instalație de aer comprimat,
- deschiderea și închiderea întreruptorului cu aer comprimat este însoțită de un zgomot puternic

4. Întreruptoare automate cu hexafluorură de sulf

Aceste întreruptoare se bazează pe folosirea proprietății hexafluorurii de sulf (SF_6) de a capta cu ușurință electronii liberi și de a deioniza în acest mod coloana de arc

Avantajele considerabile ale întreruptoarelor cu hexafluorură de sulf, și anume:

- puterea mare de rupere;
- suprațensiuni de întrerupere mici;
- funcționarea în spațiu închis, fără expulzare de gaze sau lichide de întrerupere;
- zgomot foarte redus;
- gabarit mic,

au făcut ca ele să se răspîndească foarte repede fiind fabricate azi pentru aproape toate tensiunile de către mulți producători.

5. Întreruptoare automate cu rupere în vid

Întreruperea în vid înaintat beneficiază de avantajul considerabil că, în lipsa purtătorilor de sarcină, nu apare arc de întrerupere și rigiditatea dielectrică se restabilește imediat la distanța de câțiva milimetri între contacte.

Ele sînt indicate în domeniul tensiunilor medii pentru frecvențe mari de conectare

Avantajele întreruptoarelor cu cameră de stingere în vid înaintat sînt:

- timpi de întrerupere foarte scurți și restabilirea extrem de rapidă a rigidității dielectrice după întrerupere (permîtînd frecvențe foarte mari de comutare);

- dimensiuni reduse;
- zgomot redus,
- durată mare de serviciu a contactelor

D. CONTACTOARE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Pentru a se reduce cheltuielile de investiții și de exploatare, motoarele de puteri mari de $200-250$ kW se construiesc în general pentru tensiuni de 3 sau 6 kV.

Acționarea acestor motoare la frecvențe de conectare ridicate nu se poate face cu întreruptoare automate, acestea avînd un rumăr total de conectări foarte redus.

Aparatele create special pentru acest scop sînt *contactoarele de înaltă tensiune* care, ca și cele de joasă tensiune, sînt aparate cu putere

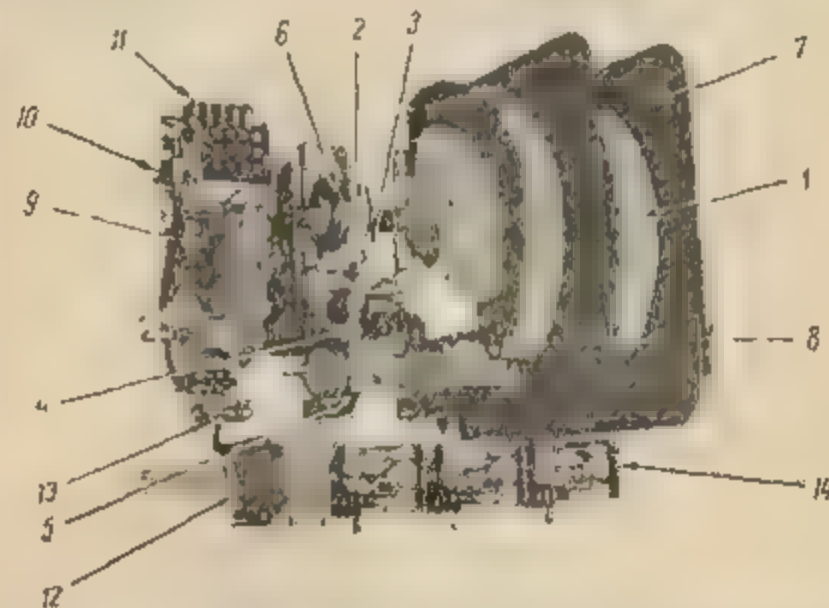


Fig. 8.15. Contactor de înaltă tensiune.

1 - cameră de stingere, 2 - contact fix, 3 - contact mobil, 4 - arcul contactului mobil, 5 - conducător flexibil (treacă), 6 - bobină de coflaj, 7 și 8 - pereți izolanti între poli, 9 - bobina electromagnetului de acționare, 10 - rezistență adițională pentru limitarea curentului absorbit de bobina la pornirea „închis”, 11 - contacte auxiliare, 12 - contact de blocare, 13 - relee de curent, 14 - relee termice și electromagnetice.

de rupere redusă, dar cu mare rezistență la uzură mecanică și sub sarcină (fig. 8.15).

Se folosesc camere de stingere cu suflaj magnetic.

E. SIGURANȚE FUZIBILE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Se realizează în construcții similare celor de joasă tensiune, lungimea tubului și a firelor fuzibile fiind însă mult mai mare corespunzătoare tensiunii nominale a siguranței.

De obicei, firele fuzibile sînt spiralizate pe un suport ceramic (fig. 8.16).

Se construiesc pentru tensiuni pînă la 35 kV, curenți pînă la 100 A pentru 10 kV; pînă la 40 A pentru 25–35 kV.

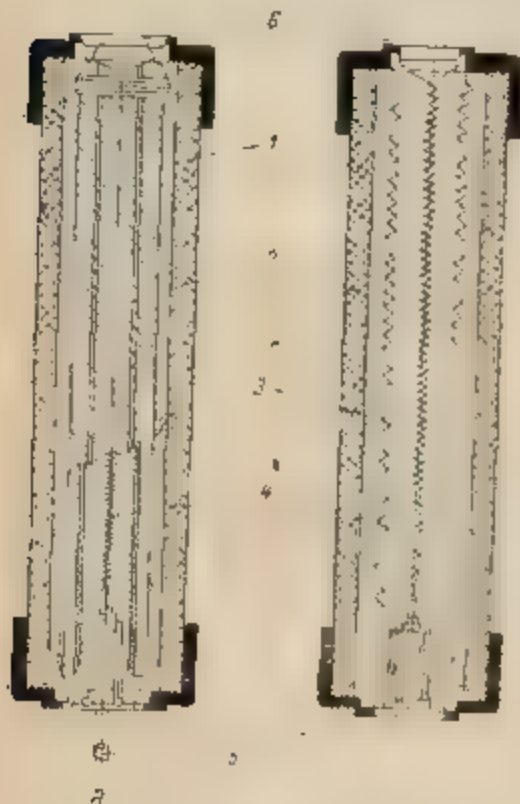


Fig. 8.16. Siguranțe fuzibile de înaltă tensiune cu mare putere de rupere:

a — fuzibil pe înfășurătură ceramică; b — fuzibil liber în mijloc; 1 — tub izolator, 2 — fir fuzibil, 3 — mijloc de coarță; 4 — sîrmă indicator, 5 — indicator, 6 — capac.

F. ECLATOARE ȘI DESEĂRGĂTOARE

Aparatele de protecție specifice protecției împotriva supratensiunilor sînt eclatoarele și descărcătoarele.

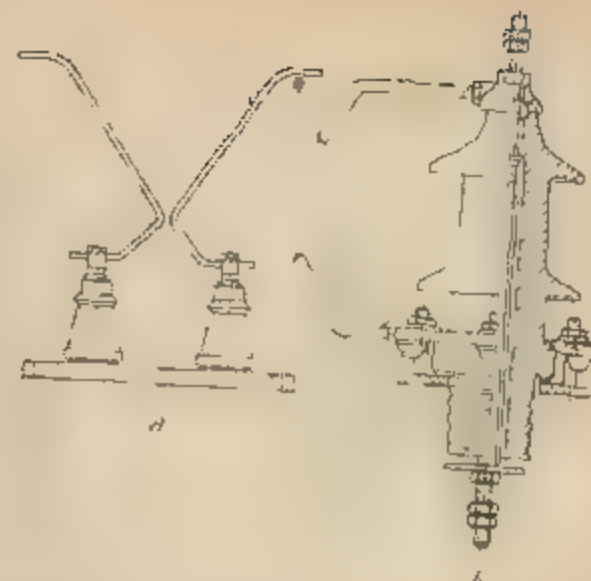
1. Eclatoare

Un eclator este format din doi electrozi metalici din care unul se conectează la linie, iar celălalt — la pămînt.

Tipurile constructive uzuale sînt: eclatorul cu coarne (coarnele ajută la stingerea arcului amorțat) și eclatorul cu tijă (fig. 8.17).

Fig. 8.17. Eclatoare de protecție împotriva supratensiunilor

a — eclator cu coarne,
b — eclator cu tijă.



Sînt aparate similare și eficiente, dar imprecise și în general nu pot stinge arcul amorțat.

2. Descărcătoare tubulare

Prin introducerea unui eclator într-un tub de material gazogen, se obține un descărcător tubular (fig. 8.18) capabil să întrerupă arcul electric format datorită siflajului de gaze produse prin descompunerea materialului gazogen.

Pentru a se evita solicitarea continuă a dielectricului tubului se intercalează de obicei un al doilea eclator între descărcător și conductorul protejat.

3. Descărcătoare cu rezistență variabilă

• Construcția Un descărcător cu rezistență variabilă este format din următoarele elemente (fig. 8.19).

o coloană cu discuri 7, obținute din praf de carbură de siliciu (carborund) aglomerat cu anumit liant, care constituie o rezistență variabilă în funcție de tensiune (fig. 8.20);



Fig. 8.18. Descărcător tubular

1 — tub izolat din material generator de gaze; 2 — electrod superior; 3 — electrod inferior; 4 — distanță interioară de amorțire; 5 — distanță exterioară de amorțire; 6 — conductă protejată; 7 — piesă de fixare.

— o coloană de eclatoare identice 2, formate din discuri de cupru sau de alamă separate prin distanțiere (de mică, stătită etc.),

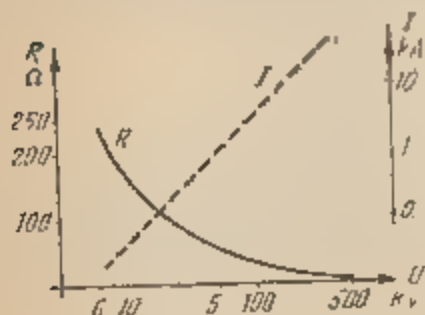


Fig. 8.19. Descărcător cu rezistență variabilă

1 — discuri de carbon; 2 — eclatoare; 2a — discuri de cupru sau alamă; 2b — inele de distanțiere din mică; 3 — carcasă de porțelan; 4 — înel de etanșare; 5 — arc de oțel; 6 — clemă pentru legarea la linie; 7 — borne de legare la pământ; 8 — conductă flexibilă de cupru.

Fig. 8.20. Caracteristicile R și $I = f(U)$ ale unei rezistențe variabile.

— un izolator de porțelan, în interiorul căruia sînt închise ermetic eclatoarele și rezistențele;

— bornele de legătură electrică și elementele de fixare, mecanică.

• **Principiul de funcționare.** La apariția unei supratensiuni, eclatorul amorsează un arc electric. Se stabilește astfel prin rezistențe un curent de punere la pământ de câteva sute pînă la câteva mii de amperi.

Deoarece rezistența discurilor este cu atât mai mică cu cît tensiunea aplicată este mai mare, caderea de tensiune la bornele descărcătorului, numită *tensiune reziduală*, se menține la valori nepericuloase pentru izolajia instalației.

După ce supratensiunea a fost anihilată în acest mod, eclatorul rămîne ionizat, iar prin descărcător continuă să treacă un curent alimentat de tensiunea de serviciu, numit *curent de însoțire*. Dar, la valoarea tensiunii de serviciu corespunde o valoare mult mai mare a rezistenței variabile care limitează curentul prin descărcător, la valori suficient de mici (cîteva zeci de amperi) pentru a putea fi stins de eclator la puma trecere naturală prin zero.

G. BOBINE DE REACTANȚĂ

Bobinele de reactanță se folosesc pentru limitarea curenților de scurtcircuit în rețele de medie tensiune. Curentul de scurtcircuit este

$$I_{sc} = \frac{U}{Z_L + Z_R}$$

unde Z_L este impedanța liniei, iar Z_R este impedanța bobinei de reactanță (practic egală cu reactanța, rezistența ohmică a bobinei fiind foarte mică). Se vede că printr-o dimensionare corespunzătoare a bobinei se poate obține o reducere apreciabilă a curentului de scurtcircuit.

De obicei bobinele se calculează astfel încît curentul de scurtcircuit să fie limitat la $20 I_n$.

Bobinele de reactanță sînt bobine în aer, fără miez de fier. La scurtcircuit deoarece o mare parte din tensiunea rețelei se aplică la bornele bobinei, este puternic solicitată izolajia între spire. De asemenea apar forțe electrodinamice de ordinul tonelor care solicită puternic atît spirele cît și legăturile între ele.

De aceea spirele se rigidizează prin turnare în beton sau cu distanțiere din isopiac sau stratitex (fig. 8.21).

AUTOMATIZĂRI

Capitolul 9

NOȚIUNI GENERALE PRIVIND AUTOMATIZĂRILE ȘI SISTEMELE DE REGLARE AUTOMATĂ

A. OBIECTUL ȘI IMPORTANȚA AUTOMATIZĂRII IN CONDIȚIILE PROGRESULUI TEHNICO-ȘTIINȚIFIC

1. Obiectul și funcțiile automatizării

În procesul de producție a bunurilor materiale, o importanță deosebită o are automatizarea producției până la realizarea acestui proces fără participarea directă a omului.

Automatizarea reprezintă *totalitatea mijloacelor tehnice care permit renunțarea la participarea directă a omului în procesul de producție.*

Dispozitivul de automatizare (DA) este a.c. a sporii care în funcție de condițiile tehnice, realizează menținerea și (sau) controlul unui anumit proces (sau al unei) de producție și care permite să se realizeze astfel ca intervenția directă a omului pentru realizarea a acestor funcții să intervină astfel necesară.

În figura 9.1 s-au reprezentat cele două situații când conducerea procesului (sau a instalației) se efectuează de către operatorul uman (OM), respectiv de către dispozitivul de automatizare (DA).

Preluarea funcțiilor operatorului uman de către dispozitivul de automatizare reprezintă conducerea automată sau automatizarea procesului (a instalației).

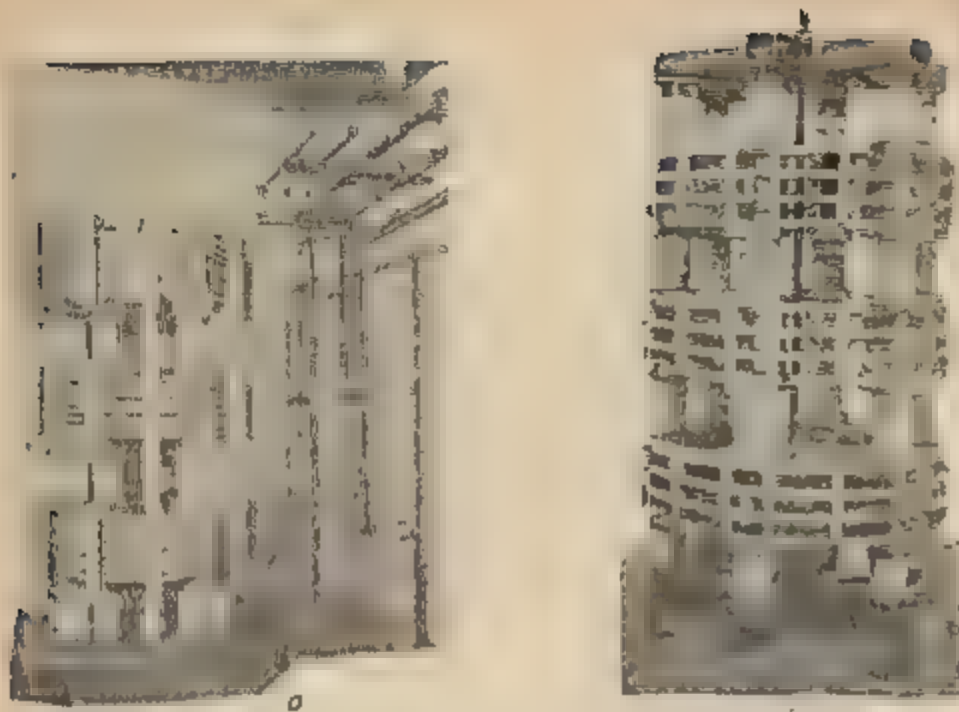


Fig. 8.21. Bobină de reactanță trifazată de 10 kV, cu izolație în aer
a - cu trei bobine de reactanță trifazate în aer
b - cu trei bobine de reactanță trifazate în aer

În cazul în care cele trei bobine de fază se montează suprapuse, bobina de compensare fazelor de înălțare trebuie astfel montată, încât sensul de spiralizare al bobinei să fie opus celui al celorlalte două faze (în caz contrar, apar solicitări electrodinamice foarte mari între bobine).

Verificarea cunoștințelor

- 8.1. Care sînt criteriile de clasificare a separatoarelor?
- 8.2. Ce sunt bobinele de fază și care sînt funcțiile lor?
- 8.3. Cum funcționează o cameră de separare și care sînt limitele sale?
- 8.4. Cum funcționează o cameră de separare și care sînt limitele sale?
- 8.5. Ce avantaje prezintă interuptoarele cu hexafiorură de sulf?
- 8.6. Descrieți construcția unui disjunctiv fazibil.
- 8.7. Ce reprezintă disjunctivul fazibil?
- 8.8. Care sînt principalele elemente componente ale unui disjunctiv cu rezistență variabilă?
- 8.9. Ce măsuri trebuie luate la montarea bobinelor de reactanță?

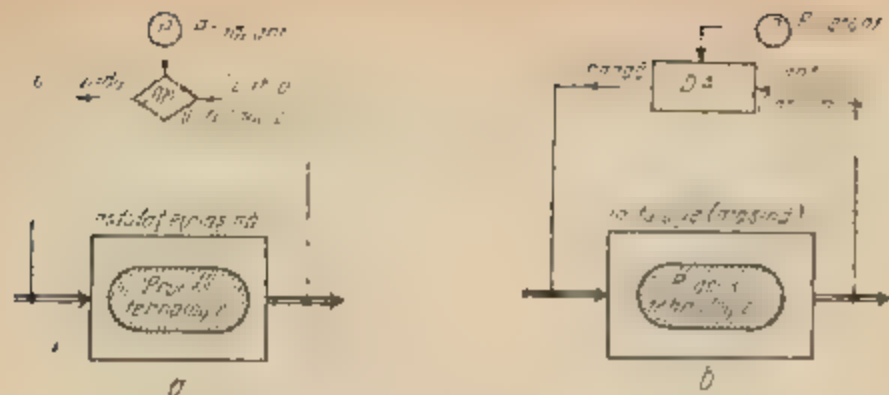


Fig. 9.1. Conducerea procesului:

a - de către operatorul uman; b - de către dispozitivul de automatizare.

Procesul (instalația tehnologică) care realizează efectiv procesul de producție și la care se atașează dispozitivul de automatizare, care preia funcțiile operatorului uman reprezintă *procesul tehnologic* (instalația) automatizată (PT respectiv I.A. fig. 9.2)

Ansamblul format din dispozitivul de automatizare (DA) și procesul tehnologic automatizat (sau instalația automatizată) reprezintă un sistem de automatizare sau un sistem automat (SA) - (fig. 9.2)

2. Avantajele automatizării producției

Prin automatizarea producției se obțin

- *avantaje de ordin economic* cum sunt: creșterea cantitativă a producției obținute în unitatea de timp (marirea productivității mașinilor sau instalațiilor), reducerea consumului de materie primă și materii auxiliare, reducerea numărului instalațiilor și utilajelor necesare, reducerea cheltuielilor de producție și a prețului produselor ș.a.;

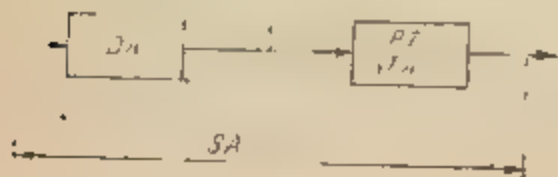


Fig. 9.2. Sistemul automat cu părțile componente.

- *avantaje de ordin tehnic*, cum sunt: îmbunătățirea calității produselor, creșterea fiabilității producției și a produselor, creșterea duratei de utilizare și reducerea uzurii instalațiilor și a utilajelor ș.a.;

- *avantaje de ordin social*: îmbunătățirea condițiilor de lucru (prin automatizarea lucrărilor grele și cu volum mare și eliberarea omului de la activități care solicită un efort fizic intens), creșterea securității muncii în instalațiile tehnologice (sau procesele în care activitatea se caracterizează printr-un anumit grad de periculozitate), ridicarea nivelului de trai.

Deși introducerea automatizării implică investiții suplimentare reducerea cheltuielilor pe ansamblul investiției și implicit reducerea costului produselor, în condițiile creșterii substanțiale a calității produselor, justifică pe deplin cheltuielile efectuate.

3 Dezvoltarea automatizării în condițiile progresului tehnico-științific

Pe măsura dezvoltării economice și sociale, a progresului tehnico-științific general, producția a înregistrat transformări continue. S-a realizat o reducere treptată a muncii fizice a omului, ca și a celei intelectuale necreatoare, de rutină, compensată de o creștere corespunzătoare a volumului activităților intelectuale creatoare, cu funcțiuni de concepție, conducere și organizare a producției și a muncii.

În țara noastră, introducerea mijloacelor de automatizare în general, și a celor de reglare automată în particular, a cunoscut un ritm mare și continuu ascendent. În deplină concordanță cu politica fermă de industrializare socialistă a țării, cu continuă dezvoltare a cercetării științifice și promovarea progresului tehnic, s-au extins și s-au diversificat mecanizarea și automatizarea producției.

Directivile Congresului al XIII-lea al P.C.R. cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cinci ani 1986-1990 și orientările de perspectivă până în anul 2000 prevăd asigurarea unei dezvoltări în ritm mare a ramurilor de vârf ale industriei concomitent cu ridicarea gradului de tehnicitate a tuturor ramurilor industriale. Pe această linie, producția industriei electronice, inclusiv a mijloacelor tehnice de calcul va crește pe emenal cu 62-67 la sută, se vor generaliza automatizarea, cibernetizarea și robotizarea producției și a altor activități economico-sociale.

Dar, introducerea pe scară largă a automatizării producției impune preocuparea pentru ridicarea continuă a calificării muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor, pentru a exploata proiecta și fabrica în cele mai bune condiții aparatura de automatizare, măsurare și control pentru instalațiile și sistemele de automatizare.

B. NOȚIUNI GENERALE DESPRE SISTEMLILE DE REGLARE AUTOMATĂ (SRA)

1. Obiectul reglării automate

Reglarea automată este acel proces în care un sistem automat prin care o mărime fizică este ținută constantă la o valoare prescrisă constantă sau este ținută constantă la o valoare în funcție de timp date conform unui anumit program, luând astfel o valoare constantă.

În acest scop, în dispozitivul de automatizare sunt reglatori automat (R.A.) pentru eliminarea operatorului uman ca intermediar între aparatele de măsurat, cu ajutorul cărora se determină diferența dintre valoarea la un moment dat și valoarea prescrisă a mărimii fizice ce se reglează și organul de execuție al comenzilor date prin care se acționează asupra obiectului (instalației sau procesului) reglat.

2 Mărimi caracteristice pentru sistemele de reglare automată

Pentru instalațiile tehnologice și procesele tehnice, aplicarea reglării automate are o importanță deosebită. De exemplu, funcționarea mașinilor cu abur, a motoarelor cu ardere internă a turbinelor etc. este dependentă de reglarea turatiei, a presiunii și debitului agentului motor (abur, gaz, apă etc.), a temperaturii a ungerei ș.a., pentru funcționarea generatoarelor și a tensiunii constante trebuie modificată în mod corespunzător excitația etc.

Desigur că reglarea este necesară numai atunci când mărimea reglată nu poate rămâne constantă de la sine la valoarea dorită și are tendința de a-și modifica valoarea, de a se abate mai mult sau mai puțin în urma unor efecte perturbatoare externe sau interne.

În cazul oricărei reglări se deosebește o mărime reglată și o mărime reglătoare.

• **Mărimea care trebuie menținută la valoarea prescrisă este mărimea reglată**

Mărimi reglate sînt, de exemplu, frecvența, turația, tensiunea, și tensiunea electrică, temperatura, debitul, nivelul dintr-un rezervor etc.

• **Mărimea de execuție este mărimea obținută la ieșirea organului de execuție al instalației de reglare și care are o valoare prescrisă constantă sau în funcție de timp.**

De exemplu, dacă se urmărește menținerea constantă a turației unui motor electric de curent continuu, pentru variația turației în sensul dorit se variază curentul de excitație al motorului. Deci, mărimea reglată este, în acest caz, turația, iar mărimea de execuție este curentul de excitație al motorului.

Pentru menținerea constantă a tensiunii la bornele unui generator sincron se variază corespunzător tensiunea de excitație. Mărimea reglată este tensiunea la borne, iar mărimea de execuție este tensiunea (sau curentul) de excitație.

• **Influențele externe sau interne care sînt cauzele abaterilor valorilor instantanee ale mărimii reglate de la valoarea prescrisă se numesc, în tehnica reglării, perturbații sau mărimi perturbatoare.**

La reglarea unei anumite mărimi se exercită influența unora sau mai multor mărimi perturbatoare. Astfel, în cazul reglării turației motorului de curent continuu se exercită influența unor perturbații precum: tensiunea variabilă de alimentare a motorului, variația sarcinii cerut de mașina de lucru antrenată de motorul respectiv, variația rezistenței electrice cu temperatura etc.

De regulă, efectul influenței acestor mărimi perturbatoare poate fi prevăzută. Aceasta perturbare este considerată ca perturbare principală și acțiunea de reglare se manifestă în sensul eliminării abaterii mării reglate de la valoarea prescrisă sub influența perturbației principale.

În figura 9.3 este reprezentată schema de a obiectului reglat. În general (instalația sau procesul tehnologic supus reglării). La intrarea obiectului reglat (O.R.) reprezentat simbolic printr-un dreptunghi, se aplică mărimea de execuție u la care rezultă mărimea reglată y .



Fig. 9.3. Schemu-bloc a obiectului reglării, în general
 OR — obiectul reglării (instalația tehnologică IT , procesul tehnologic PT).

1. Din exterior, se exercită acțiunea unor mărimi perturbatoare X_1, X_2, \dots, X_n , dintre care urmează a fi selectată perturbarea principală.

3. Elementele unui sistem de reglare automată

În figura 9.4 s-a reprezentat simplificat o instalație pentru reglarea automată a temperaturii apei care circulează în schimbătorul de căldură. Instalarea este reglată automat, în sensul că, în funcție de mărimea de ieșire y , de la ieșirea 9 , se modifică poziția paletei 1 .

● Elementul de măsurat (tranzistor TM) este reprezentat în figura 9.4 prin manometrul 5 care este tipic elementului de măsură. În acest caz, mărimea de măsură este temperatura θ la ieșirea din schimbător. Valoarea măsurată este repetată în raport la aer și transformată în presiune proporțională cu valoarea măsurată. Presiunea proporțională este transmisă prin tubul capilar 2 la tubul Bourdon 3 și, prin intermediul sistemului de transmisie mecanică, este repetată prin celălalt tub capilar 4 la punctul 1 . Elementul $2, 3$ și 4 trebuie să poată funcționa și în sens invers, adică, în cazul în care mărimea de ieșire y este mai mică decât valoarea prescrisă, elementul de măsură trebuie să poată funcționa și în sens invers.

● Elementul de comparație LC compară valoarea măsurată θ cu valoarea prescrisă θ_0 (de exemplu 0), rezultând eroarea $e = \theta_0 - \theta$ sau eroarea $x_0 = \Delta\theta = (\theta_0 - \theta)$. În schema din figura 9.4, valoarea prescrisă a temperaturii $\theta_0 = x_0$ — mărimea de intrare este reprezentată prin punctul de oscilație al paletei 1 . Acest punct poate fi deplasat manual în sus sau în jos cu ajutorul tijei 5 . Valoarea măsurată θ a

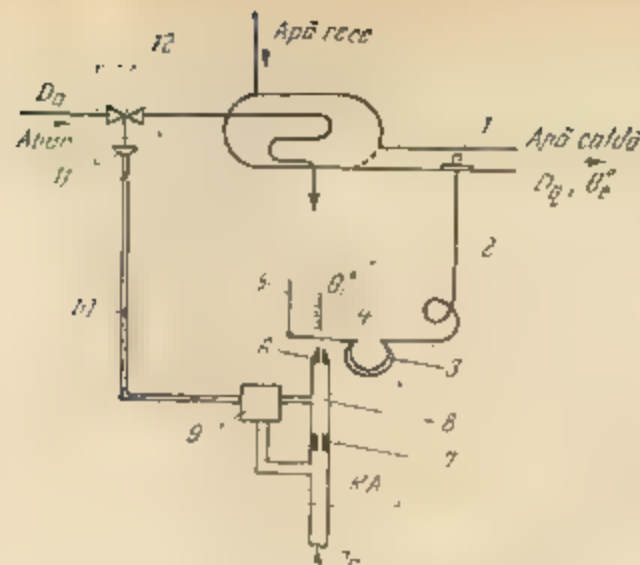


Fig. 9.4. Instalația de reglare automată a temperaturii apei la ieșirea din schimbătorul de căldură

temperaturii apei la ieșirea din schimbător este reprezentată prin poziția extremității mobile a tubului Bourdon, articulată cu paleta 1 . Când $\theta = 0$, deci $\Delta\theta = 0$, mijlocul paletei se află exact în dreptul centrului conic 6 . La orice altă valoare θ , deci $\Delta\theta \neq 0$, poziția punctului de la mijlocul paletei reprezintă o mărime proporțională cu diferența $e = \theta_0 - \theta$. Temperatura θ reprezintă mărimea de ieșire y iar presiunea la extremitatea tubului Bourdon reprezintă mărimea de comandă x . Rezultă eroarea $x_0 = x - y$ — mărimea de ieșire și mărimea de comandă e .

● Regulatorul automat RA reprezentat simplificat în figura 9.4, reprezintă în acest exemplu, mărimea de amplificare a semnalului primit de la elementul de comparație.

În spațiul 7 al amplificatorului pneumatic (sistem doză — palete), alimentat cu aer sub presiune constantă prin elementul de strângere 8 , se produce o presiune proporțională cu distanța între paletă și ajutor, deci proporțională cu diferența $\Delta\theta = \theta_0 - \theta$.

Amplificatorul pneumatic 9 , alimentat cu la aceeași sursă de aer comprimat, produce în concluzie la 10 o presiune proporțională cu $\Delta\theta = \theta_0 - \theta$. Această presiune reprezintă mărimea de comandă x , adică mărimea de la ieșirea regulatorului RA . Mărimea de comandă este mărimea de intrare pentru elementul de execuție EE .

• Elementul de execuție *EE* este ventilul 12, care modifică debitul D_n al aburului de încălzire. Ventilul are o membrană 11, asupra căreia se exercită presiunea de aer din conducta 10, de la ieșirea din regulator. Secțiunea deschiderii ventilului asigură valoarea debitului D_n (mărimea de execuție x_m), care se aplică la intrarea schimbătorului de căldură (instalația reglată sau obiectul reglat OR).

○ Se observă că un sistem de reglare automată are rolul de a realiza o anumită lege de dependență între mărimea de intrare x_i , care caracterizează la un moment dat o instalație sau un proces tehnologic, și mărimea de intrare (sau consensul) x_c , prin care se comandă modificările în funcționarea acestora.

Ansamblul format din obiectul reglării (instalația reglată) + regulatorul automat + elementele de măsurare, comparare și execuție realizează în scopul reglării automate a unui anumit proces sau parametru de proces, se numește sistem de reglare automată (prescurtat *SRA*).

4. Schema funcțională a unui SRA. Exemple de sisteme de reglare

Pentru studiul reglării automate se utilizează o reprezentare simbolică, denumită *schemă funcțională*.

Schema funcțională a unui sistem de reglare automată este adică schema în care se indică elementele componente ale sistemului de reglare automată *SRA*, destinația lor și legăturile funcționale între ele.

Elementele unui sistem de reglare automată sunt reprezentate în schema funcțională prin blocuri funcționale figurate prin dreptunghiuri.

Schema funcțională a unui *SRA* conține:

legătura directă sau principală care înglobază toate elementele cuprinse între elementul de comparație *LC* și ieșirea instalației automatizate;

— legătura inversă sau secundară, numită deseori „cale de reacție”, care cuprinde elementele situate între ieșirea instalației automatizate și elementul de comparație.

Transmiterea semnalului (sau informației) se face de la intrare spre ieșirea *SRA* pe legătura directă și de la ieșire spre intrarea *SRA* pe legătura inversă.

Împreună, cele două legături (directă și inversă) alcătuiesc un circuit închis de reglare automată sau o buclă de reglare.

Fig. 9.5. Schema funcțională pentru *SRA* din figura 9.4
LC — element de comparație sau comparator de referință, *RA* — regulator automat, *EE* — element de execuție, *EA* — element de măsurare, *IA* — instalația automatizată

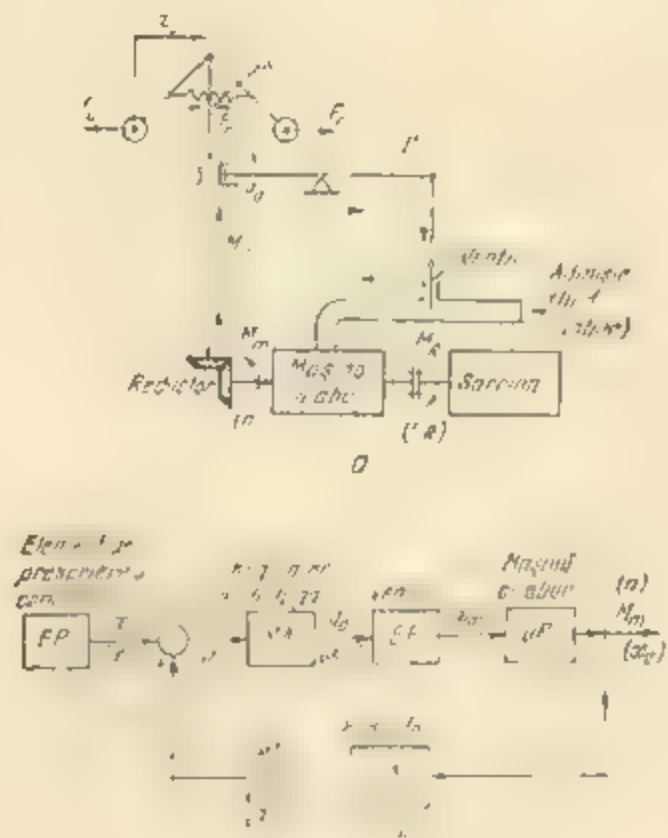
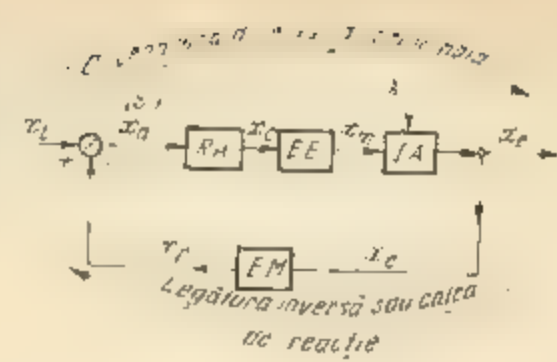


Fig. 9.6. Instalație de reglare automată.
a — schema de principiu a instalației de reglare, b — schema ei funcțională

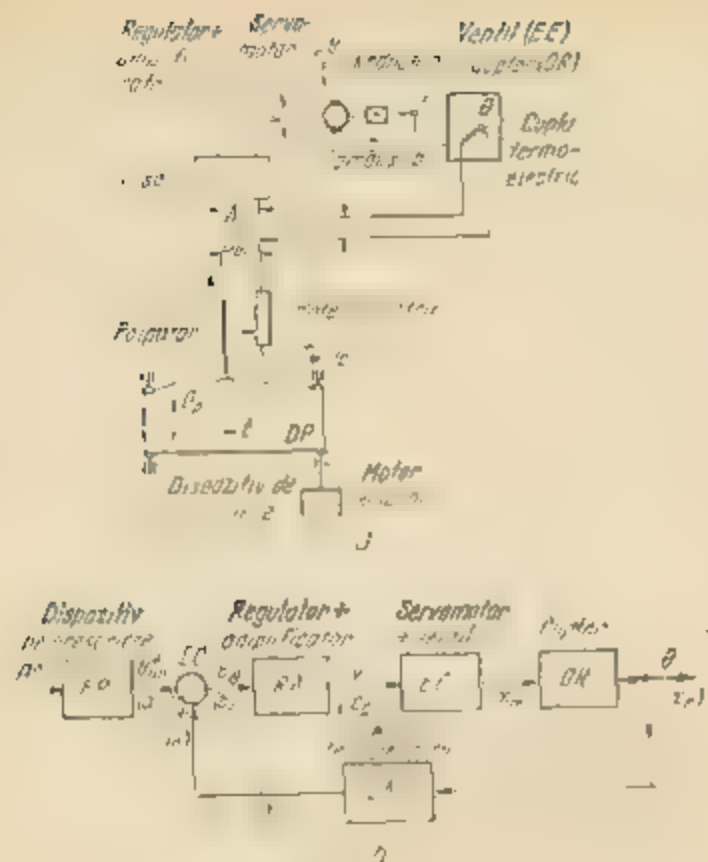


Fig. 9.7. Instalație de reglare automată
a - schema de principiu a instalației de reglare; b - schema ei funcțională

În schema funcțională a unui SRA se indică mărimile de intrare și de ieșire ale fiecărui element. Pentru fiecare element din schemă semnalul se transmite în sens unic, de la intrarea elementului la ieșirea acestuia. În acest fel, pentru fiecare bloc se stabilește o dependență strictă a mărimii de la ieșire de variația mărimii de la intrarea elementului respectiv.

Se obișnuiește a se reprezenta schema funcțională prin însușirea elementelor componente ale SRA, în ordinea strictă a legăturilor funcționale între ele. De exemplu pentru instalația de reglare automată din figura 9.4, schema funcțională este reprezentată în figura 9.5 (reprezentare valabilă și pentru celelalte SRA).

Obiectul reglării (procesul sau instalația tehnologică reglată), la ieșirea căreia se obține mărimea de ieșire y , (în cazul de față temperatura apei la ieșire, θ) este supus influenței mărimilor perturbatoare X din exterior, sub acțiunea cărora se produc variații ale mărimii reglate. În cazul sistemului din figura 9.4 mărimea perturbatoare este variația debitului de apă caldă D_c consumat.

În figurile 9.6, 9.7 și 9.8 sunt reprezentate alte instalații tehnologice reglate și schemele funcționale respective, scriind că și elementelor SRA fiind aceeași, ca și în cazul instalației de reglare ce a fost prezentată detaliat.

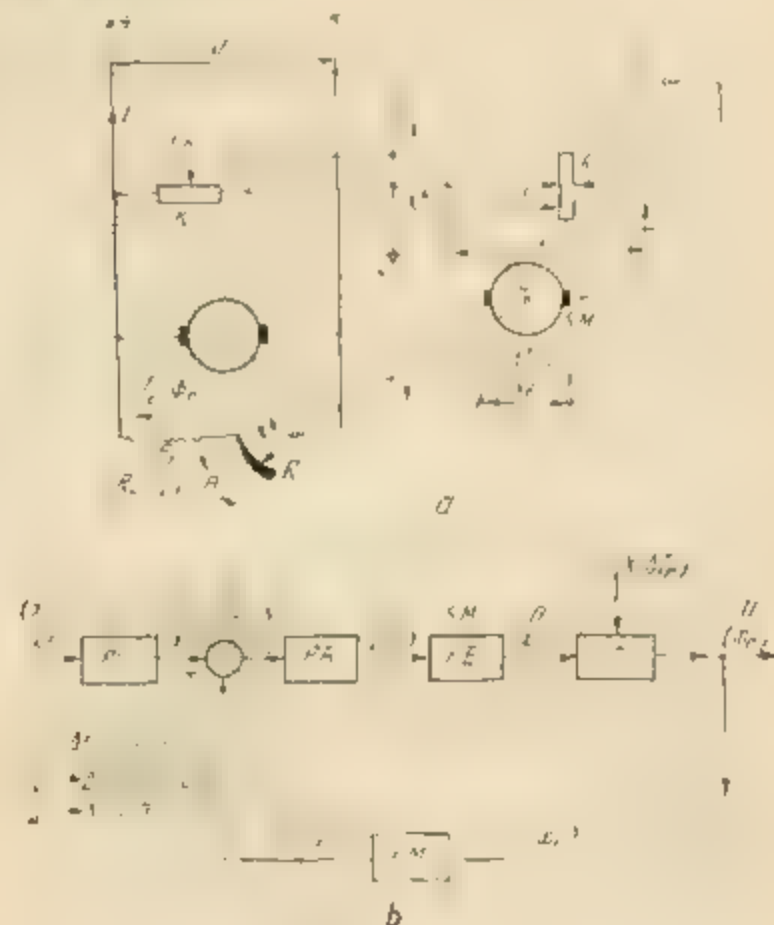


Fig. 9.8. Instalație de reglare automată
a - schema de principiu a instalației de reglare; b - schema ei funcțională

C. CLASIFICAREA SISTEMELOR DE REGLARE AUTOMATĂ

Sistemele de reglare automată se pot clasifica în funcție de felul variației mărimii de la intrare, în funcție de viteza de variație a mărimii reglate (sau viteza de răspuns), în funcție de numărul mărimilor reglate după tipul acțiunii regulatorului automat și în funcție de numărul buclelor de reglare.

• În funcție de aspectul variației în timp a mărimii de intrare x_1 (deci după variația în timp mpusa mărimei de ieșire x_2) se deosebesc:

- sisteme de stabilizare automată (când $x_1 = c_1$ — de exemplu menținerea constantă a unui parametru — ca în figura 99, a) acestea se mai numesc *SR4 cu consensu constant* sau *cu program fix*;

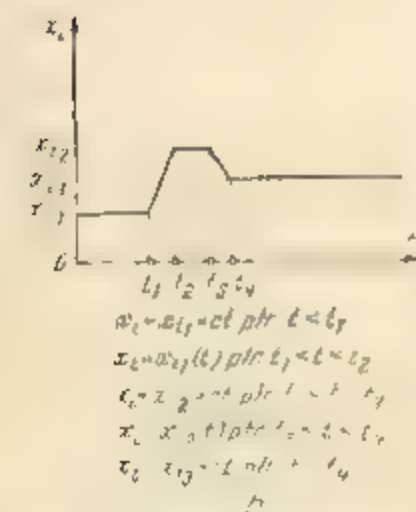
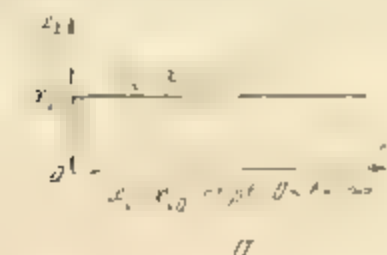


Fig. 99. Variația mărimii de la intrare SR4

a — SR4 cu program fix (sau consensu constant), b — SR4 cu program variabil (sau consensu programabil).

- sisteme de reglare automată cu program variabil (când x_1 variază în timp după o lege prestabilită — de exemplu la cuptoarele industriale pentru tratamente termice — ca în figura 99, b), acestea se mai numesc *SR4 cu consensu programabil*.

- sisteme de reglare automată de urmărire (când x_1 variază în funcție de un parametru din afara SR4, legea de variație în timp a acestui parametru nefiind cunoscută dinainte); mărimea de la ieșire x_2 urmărește variația lui x_1 .

• În funcție de viteza de răspuns a obiectului reglării la un semnal x_1 aplicat la intrare se deosebesc:

- *SR4 pentru procese lente* (cele mai răspândite instalații sau procese tehnologice industriale caracterizându-se printr-o anumită inerție), ca, de exemplu, cel din figura 94.

- *SR4 pentru procese rapide*, cum sînt sistemele de reglare automată aplicate mașinilor și acționărilor elec-

trice, de exemplu reglarea turației motoarelor, reglarea tensiunii generatoarelor etc.).

• După numărul mărimilor de ieșire ale obiectului reglat asupra cărora se exercită acțiunea de reglare automată, se deosebesc:

- *SR4 cu o singură mărime reglată* (sau *SR4 convenționale*),

- *SR4 cu mai multe mărimi reglate simultan* (sau *SR4 multiple*).

• După tipul acțiunii regulatorului automat se deosebesc:

- *SR4 cu acțiune continuă*, la care mărimea de ieșire a fiecărui element component al sistemului este o funcție continuă de mărimea sa de intrare. Aceste SR4 (cîmpia lor reglatoare include, la care dependența $x_2 = f(x_1)$ este liniară, fie reglatoare neliniare, la care această dependență este neliniară).

- *SR4 cu acțiune discontinuă (discretă)*, la care mărimea de la ieșirea regulatorului este reprezentată de o succesiune de impulsuri de reglare, fie modulate în amplitudină sau durată (cazul reglatoarelor cu impulsuri), fie codificate (cazul reglatoarelor numerice).

• În funcție de numărul buclelor de reglare se deosebesc:

- *SR4 cu o buclă de reglare* (sau cu un singur regulator automat),

- *SR4 cu mai multe bucle de reglare* (sau cu mai multe reglatoare automate).

SR4 cu mai multe bucle de reglare pot fi, sisteme de reglare în cascadă, care cuprind mai multe reglatoare automate, cu ajutorul cărora, pe lângă mărimea de ieșire x_2 , sînt reglate și alte mărimi intermediare din cuprinsul instalației sau procesului reglat, și sisteme de reglare cu feedback în care pe lângă regulatorul automat principal se prevăd unul sau mai multe reglatoare suplimentare care intră în funcțiune numai cînd apar la intrare acțiuni perturbatoare.

Rezumat

• Reglarea automată reprezintă un ansamblu de automataze în care o mărime parametru reglat este dusă la o valoare prestabilită, consensu, și este menținută la această valoare și adevărată corectura sau compensare pe baza măsurării abaterii față de ea.

ELEMENTELE SISTEMELOR DE REGLARE AUTOMATĂ

A. TRADUCTOARE

1. Noțiuni generale

Pentru măsurarea mărimilor fizice care intervin într-un proces tehnologic este necesară ca acestea să fie convertite (traduse) în mărimi de altă natură fizică (convenabilă) pentru celelalte elemente din cadrul SRA. De exemplu, o temperatură sau o presiune sunt convertite în mărimi de natură electrică — tensiune, curent electric — proporționale cu mărimile impale care pot fi utilizate și prelucrate de celelalte elemente de automatizare ale SRA (comparatoare, reglatoare automate etc.).

Se numește **traductor** acel element al SRA care realizează convertirea unei mărimi fizice — de obicei neelectrică — în mărime de altă natură fizică — de obicei electrică — proporțională cu prima sau dependentă de aceasta, în scopul utilizării într-un sistem de automatizare.

Există o largă varietate de traductoare, structura lor fiind mult diferită de la un tip de traductor la altul. Se poate stabili însă o structură generală a unui traductor, ca în figura 10.1.

Mărimea de la intrarea traductorului x_i (reprezentând valori de temperatură, presiune, forță, turație, nivel etc.) este convertită (tra-

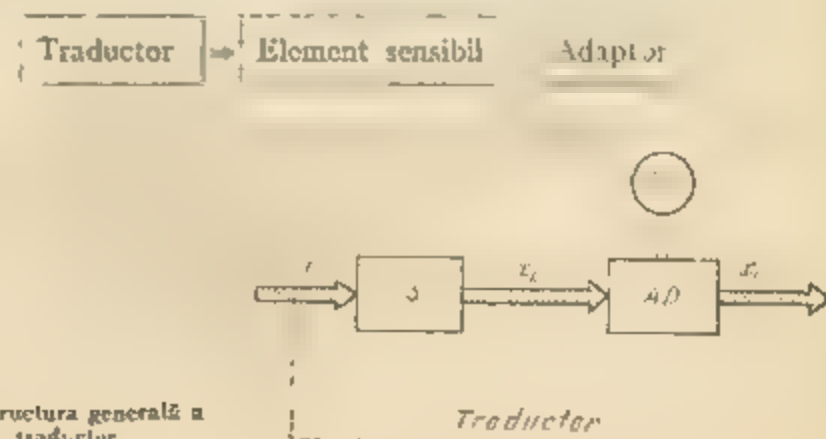


Fig. 10.1. Structura generală a unui traductor.

dasă, de către elementul sensibil ES într-o mărime intermediară x_0 (de exemplu o deplasare linară, o rotație etc.), care se aplică adaptorului AD. Acesta transformă mărimea x_0 în mărimea de ieșire x_e , de obicei de natură electrică, tensiune, curent, rezistență, inductanță etc.) introdusă astfel în circuitul de reglare. În cazul particular al SKA unificate (cu semnal standard, alit ca natură, cit și ca nivel) — de exemplu, sistemul unificat E — IEA, fabricat în țară — adaptoarele au rolul de a converti o mărime de ieșire înaltă într-un semnal unificat (de exemplu, semnalul de curent unificat: 2—10 mA sau 4—20 mA sau cel de presiune unificată 0,2—1 kgf/cm² = (0,2—1)9,80665 N/cm²).

De obicei, adaptorul cuprinde și sursa de energie SE (fig. 10.1) necesară pentru convertirea mărimei x_0 în mărimea dorită la ieșire x_e .

2. Caracteristicile generale ale traductoarelor

Indiferent de tipul traductorului utilizat, se pot stabili următoarele caracteristici generale, valabile pentru orice traductor:

— *natura fizică a mărimilor de intrare și de ieșire* (curent, tensiune, rezistență electrică, presiune, temperatură, debit, nivel etc.),

— *puterea consumată la intrare* (de obicei o putere mică sau foarte mică, de ordinul câtorva wați sau miliwați sau chiar mai puțin). Consumul propriu zis, de regulă neglijabil, înseamnă că puterea transmisă elementului următor este însă suficientă pentru a determina o acționare, de aceea în schemele de automatizare un traductor este urmat aproape întotdeauna, de un amplificator,

— *caracteristica statică a traductorului*, care reprezintă grafic dependența $x_e = f(x_i)$ dintre mărimile de ieșire respectiv de intrare ale traductorului (fig. 10.2). După tipul traductorului, această variație poate fi prezentată o funcție linară sau nelinară, continuă sau discontinuă (cu valori discrete);

— *domeniul de măsurare*, definit de pragurile superioare de sensibilitate $x_{i\max}$ și $x_{e\max}$ și de cele inferioare $x_{i\min}$ și $x_{e\min}$ (în figura 10.2 s-a presupus $x_{i\min} = 0$).

— *panta absolută (sau sensibilitatea) K_a* , reprezentând raportul dintre variațiile mărimilor de ieșire Δx_e respectiv de intrare Δx_i (fig. 10.2)

$$K_a = \frac{\Delta x_e}{\Delta x_i}; \quad (10.1)$$

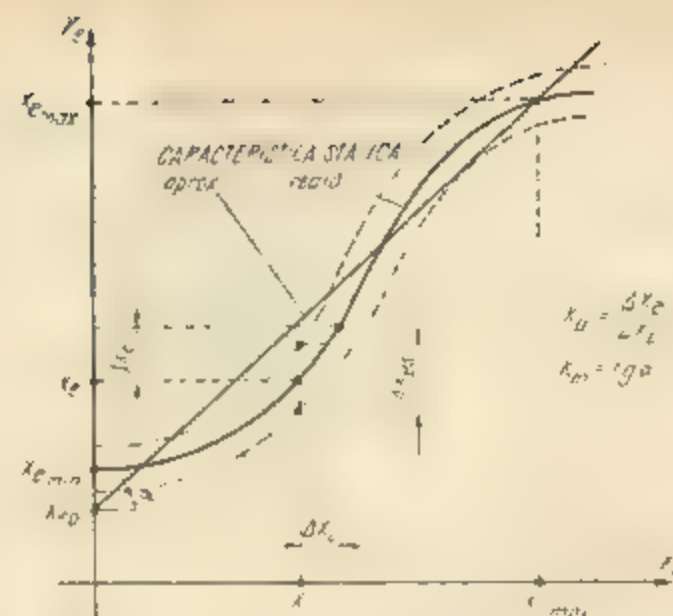


Fig. 10.2. Caracteristica statică a unui traductor.

— *panta medie (K_m)*, reprezentând coeficientul unghiular (panta) al dreptei care aproximează caracteristica statică reală a traductorului (fig. 10.2):

$$K_m = \operatorname{tg} \alpha \approx K_a. \quad (10.2)$$

3. Clasificarea traductoarelor

Întrucât circuitele de automatizare cel mai des folosite sînt de natură electrică, mărimea de ieșire a traductoarelor este aproape exclusiv de natură electrică.

Clasificarea traductoarelor poate fi făcută în funcție de natura mărimii de ieșire x_e sau în funcție de natura mărimii de intrare x_i .

• În funcție de natura mărimii electrice de la ieșire x_e se deosebesc:

— *traductoare parametrice*, la care mărimea măsurată este transformată într-un parametru de circuit electric (rezistență, inductanță sau capacitate). Traductoarele parametrice se împart, la rîndul lor, în traductoare rezistive, traductoare inductive și traductoare capacitive,

— *traductoare generatoare*, la care mărimea măsurată este transformată într-o tensiune electromotoare, a cărei valoare depinde de valoarea mărimii respective.

- În funcție de natura mărimii aplicate la intrare (x_i), se disting:
 - *traductoare de mărimi neelectrice* (temperatură, deplasare, debit, viteză, presiune etc.),
 - *traductoare de mărimi electrice* (curent, frecvență, putere, fază etc.).

În practică, traductoarele sunt definite pe baza ambelor criterii arătate mai sus (de exemplu, traductor parametric rezistiv de temperatură). În figura 10.3 se prezintă o schemă generală de clasificare a traductoarelor uzuale.

- În funcție de domeniul de variație al mărimii de ieșire, traductoarele se clasifică în:

— *traductoare unificate*, la care mărimea de ieșire reprezintă un semnal unificat electric ($2-10$ mA sau $4-20$ mA), sau pneumatic ($0,2-1$ kgf/cm² = $0,2-1$) 9,80665 N/cm²; aceste traductoare se utilizează în sistemele de reglare automată cu elemente unificate,

- *traductoare neunificate*.

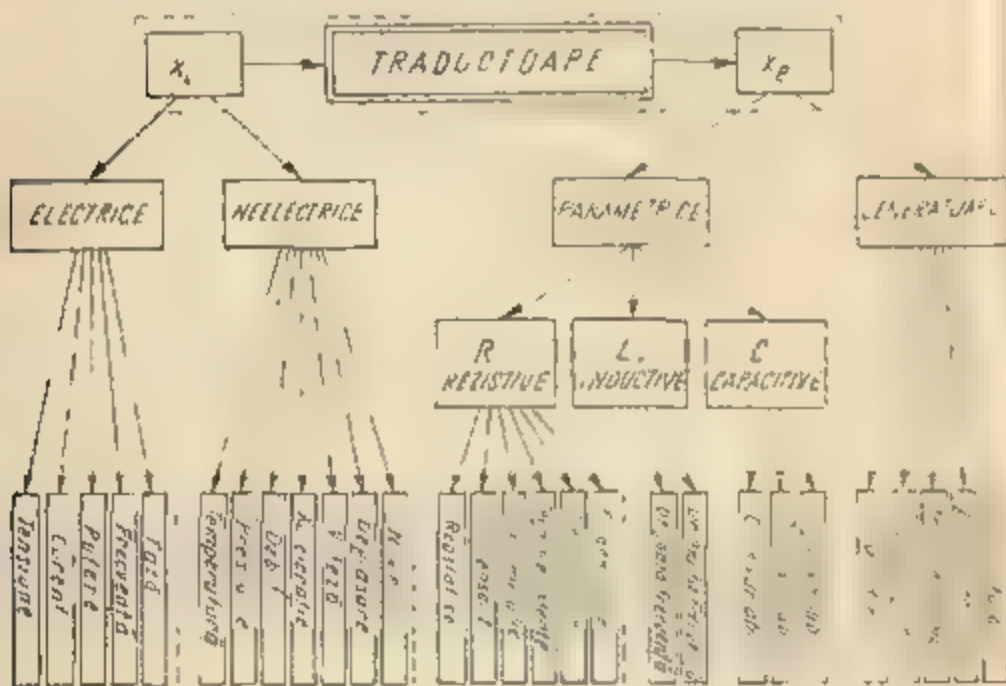


Fig. 10.3. Clasificarea traductoarelor.

4. Exemple de traductoare

În cele ce urmează vor fi prezentate câteva exemple de traductoare fabricate în țară.

- **Traductor inductiv de presiune cu tub Bourdon.** Elementul sensibil al traductorului de presiune este un tub Bourdon T (fig. 10.4), care sub acțiunea presiunii p măsurate p tinde să se îndrepte (poziția punctată în figura). Odată cu creșterea presiunii p aplicate, punctul a din capatul liber al tubului se îndepărtează (de exemplu în a'), astfel că prin intermediul bilei B manivela M este rotită în jurul punctului c cu unghiul α .

Rotirea este aplicată modulatorului magnetic din acceptorul tip III 370 care produce la ieșire semnalul unificat $i = 2-10$ mA cu proporțional cu presiunea măsurată p .

- **Traductor inductiv de presiune diferențială cu burdufuri.** Elementul sensibil al traductorului este format dintr-o capsulă închisă M ($\approx 10^{-5}$ m³) în care prin pereții de separare D se creează două compartimente C_1 și C_2 umplute cu presiunea p_1 și respectiv p_2 . Cele două presiuni a căror diferență $\Delta p = p_1 - p_2$, trebuie măsurată, acționează asupra unor burdufuri B_1 și B_2 încastrate într-o cutie prin tija T și care sprijinindu-se fiecare pe o rețea de spațier acționează o minge resortă paralelă la tija T sau a lor B_1 și respectiv B_2 se mișcă. Cele două burdufuri în mișcare generează o forță rezultantă ΔF creată de cele două presiuni va fi proporțională cu diferența presiunilor respective.

În acest fel deplasarea longitudinală a tije va fi proporțională cu forța ΔF , deci cu presiunea diferențială Δp .

Tija T movează o cutie rotitoare O care acționează asupra manivelei rotind axul I cu unghiul α . În acest mod se transformă deplasarea d



Fig. 10.4. Traductor de presiune cu tub Bourdon.

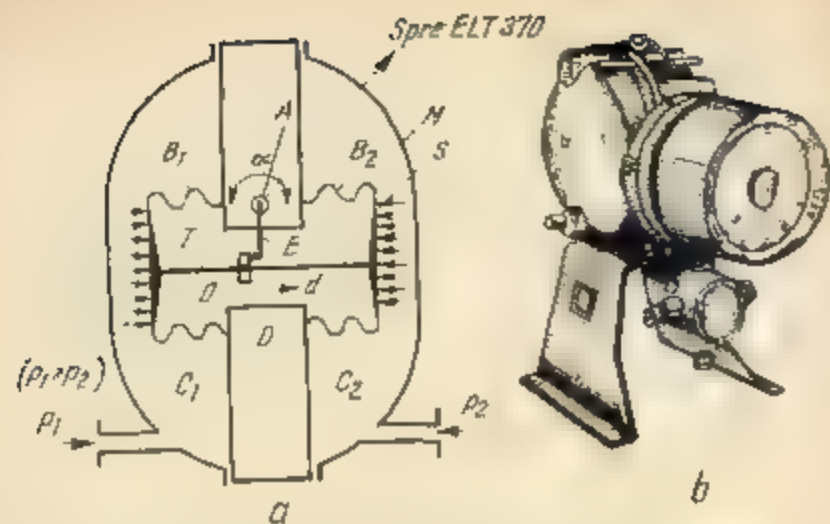


Fig. 10.5. Traductor de presiune diferențială cu burdufuri
a - schema (funcțională), b - aspectul exterior

(proporțională cu Δp) într-un unghi α și, deoarece axul A este solidar cu modulatorul magnetic din adaptorul ELT 370, se obține un semnal unificat $i = 2 \cdot 10$ mA c.c., proporțional cu diferența presiunilor. În figura 10.5, b este prezentat aspectul exterior al acestui traductor, denumit AT 30 ELT 370.

• Traductorul capacitiv pentru măsurarea presiunii unui fluid. Traductorul capacitiv pentru măsurarea presiunii unui fluid (fig. 10.6), este format din armătura fixă A_1 și armătura mobilă A_2 solidară cu membrana elastică M. Când presiunea p crește, distanța d între armături scade, deci valoarea capacității C a condensatorului variabil crește, proporțional cu creșterea presiunii fluidului din conductă C.

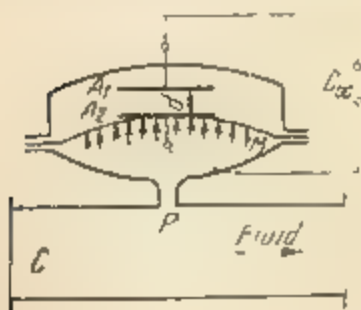


Fig. 10.6. Traductorul capacitiv pentru măsurarea presiunii unui fluid.

B. AMPLIFICATOARE

1. Noțiuni generale

După cum s-a văzut, mărimile obținute la ieșirea elementului de măsurat (traductor) au în majoritatea cazurilor valori reduse, pentru a fi utilizate este necesară mărirea lor proporțională, adică amplificarea lor.

Amplificatorul este acel element al SRA la care mărimea de intrare de o putere (sau nivel) relativ mică poate comanda continuu o mărime de ieșire fiind o putere (sau nivel) mult mai mare, folosind pentru aceasta o sursă auxiliară de energie. Amplificatorul realizează, deci, o amplificare, de obicei de putere, uneori de modul (nivel).

În figura 10.7 este reprezentată schema-bloc a unui amplificator. La intrarea amplificatorului se aplică mărimea de intrare x care are rolul de a varia rezistența de trecere a energiei (rezistență de tip olmic în circuite electrice, de tip hidraulic sau pneumatic în cele fluidice) de la sursă spre ieșirea e .

2. Clasificarea amplificatoarelor

În figura 10.8 se prezintă clasificarea amplificatoarelor în funcție de natura mărimei furnizate de sursa de energie, principul de reacționare și modul de interdependență intrare-ieșire.

• După natura mărimii fizice furnizate de sursa auxiliară de energie, amplificatoarele se împart în (fig. 10.9,

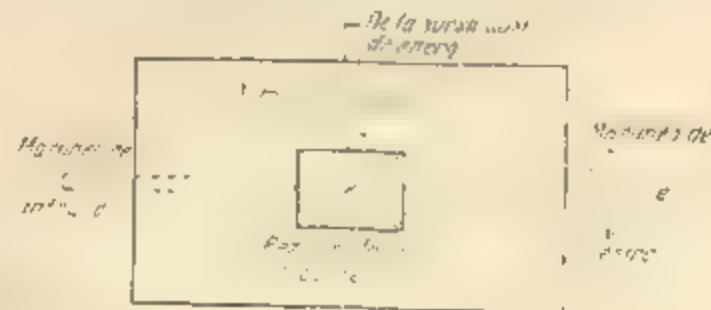


Fig. 10.7. Schema-bloc a unui amplificator.

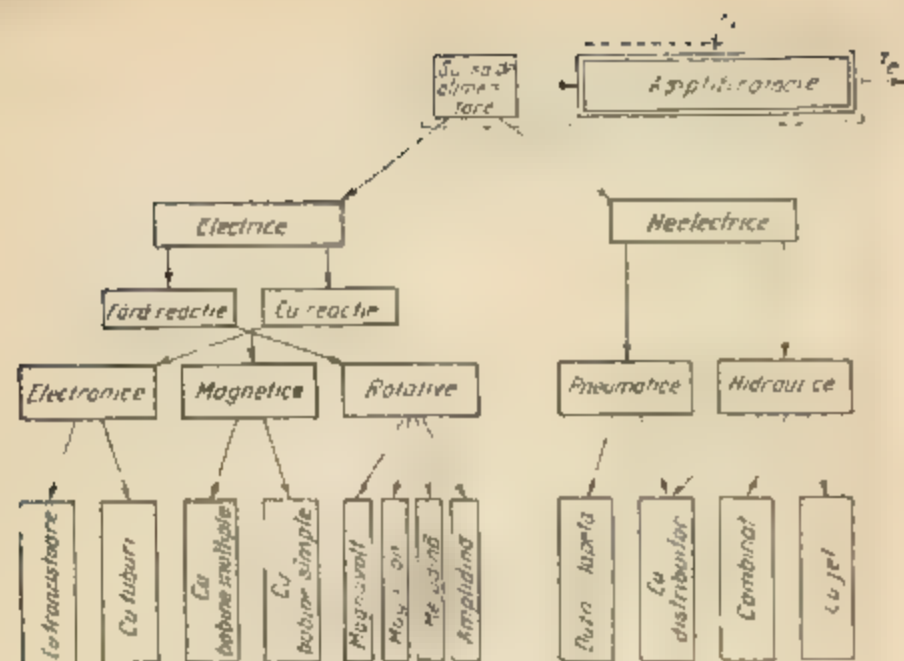


Fig. 10.8. Clasificarea amplificatoarelor

— amplificatoare de mărimi electrice (electronice, magnetice, rotative etc.),

— amplificatoare de mărimi neelectrice (pneumatice și hidraulice).

• După modul de interdependență intrare-ieșire seosebesc:

— amplificatoare fără reacție, la care mărimea de ieșire depinde de mărimea de intrare numai pe baza legăturii „directe” (intrare-ieșire). Reprezentarea schematică a unui astfel de amplificator este data în figura 10.9 a iar dependența mărimea de ieșire de cea de intrare, cunoscută sub denumirea de caracteristică statică, în figura 10.9, b,

— amplificatoare cu reacție, la care mărimea de ieșire depinde atât de mărimea de intrare, cât și de o mărime „de reacție” r transmisă de la ieșire înapoi la intrare printr-o legătură „inversă” (ieșire-intrare), numită „de reacție”. În figura 10.10 este reprezentată schema-bloc pentru un amplificator cu reacție.

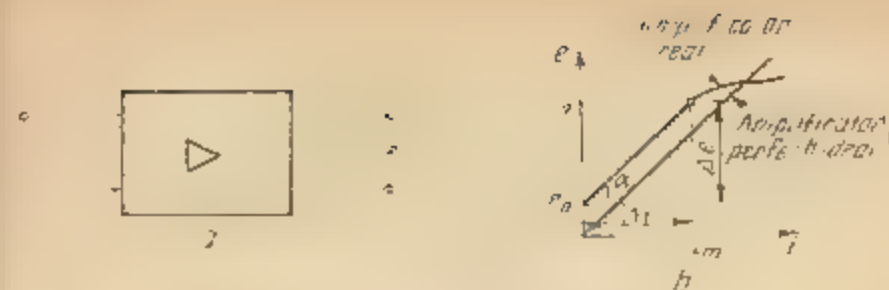


Fig. 10.9. Schema electrică a unui amplificator (a) și caracteristica statică a amplificatorului (b)

Dacă mărimea de reacție r se adună cu cea de intrare i , în total aplicat amplificatorului, reacția se numește pozitivă (fig. 10.10, a) iar dacă se scade, reacția se numește negativă (fig. 10.10, b).

Problemele cele mai complexe le ridică amplificatoarele de mărimi electrice care, deși sunt principial și constructiv diferite între ele posedă totuși anumite caracteristici generale comune.

3 Caracteristicile generale ale amplificatoarelor electrice

Realizarea unei dependențe în sensul strict proporțional între mărimea de ieșire e și mărimea de intrare i (deci, $e = K \cdot i$) în funcționarea în regim de amplificator perfect (ideal) nu este practică. În realitate, caracteristica statică este o linie dreaptă numai în zona de funcționare normală, adică până în punctul la care core-

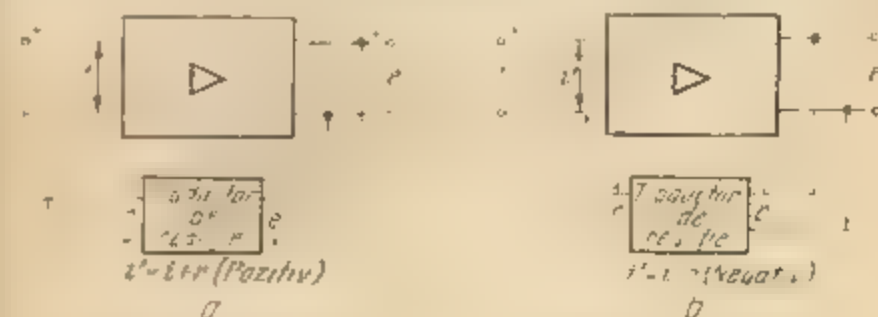


Fig. 10.10. Schema electrică a amplificatorului cu reacție: a) reacție pozitivă b) reacție negativă

punde mărimea de intrare maximă i_m și mărimea de ieșire maximă. Dincolo de acest punct caracteristica prezintă fenomenul de saturare și amplificatorul nu mai funcționează corect.

Coefficientul (nghi) alar K_a (coeficientul de proporționalitate) al caracteristicii în domeniul linear ($i < i_m$ și $e < e_m$) este dat de relația:

$$K_a = \frac{\Delta e}{\Delta i} \quad (10.3)$$

și poate fi înțeles ca indicator al amplitudinii pentru sarcina conectată la ieșirea amplificatorului. Amplificatorul poate fi caracterizat și prin valoarea de putere (factorul de amplificare la denumirea corespunzătoare (amplificator de tensiune, de putere etc.).

Caracteristica statică nu trece prin originea axelor de coordonate și prezintă o eroare la originea e_0 , numită valoare de funcționare în gol. Ea reprezintă, fizic, valoarea mărimii de ieșire, fiind intrarea este nulă. La amplificatoarele de radio (tip „audio”), valoarea de gol înseamnă un semnal sau zgomot la ieșire cauzat alături de semnalul de intrare este zero. Din această cauză, valoarea de gol la aceste amplificatoare se mai numește și zgomotul de fond sau perturbarea de aplicare la intrare.

Expresia analitică a caracteristicii statice a amplificatorului este:

$$e = K_a \cdot i + e_0 \quad (10.4)$$

unde K_a reprezintă panta, iar e_0 — valoarea de funcționare în gol a amplificatorului.

4. Exemple de amplificatoare utilizate în schemele de automatizare

• Amplificatoare electrice de curent continuu folosite în sistemul unificat „E” (IEA fabricat în țară). Amplificarea directă a semnalului de curent continuu este eficientă din punct de vedere termic, motiv pentru care sunt utilizate amplificatoarele de curent continuu cu „modulare amplitudină” sau „modulare în frecvență” sau „modulare în fază”.

În aparatura sistemului unificat „E” asimilat în fabricație îndigenă sunt folosite de asemenea tipuri de amplificatoare de curent continuu, care diferă între ele numai prin construcția modulatorului, electronic sau magnetic.

Amplificatorul electronic de curent continuu folosind modulator electronic (IEA tip H22), a cărui schemă principială este arătată în figura 10.11, cuprinde un modulator și un demodulator cu funcționări similare având câte două tranzistoare (I_1 și I_2 , respectiv I_3 și I_4), funcționând în regim de comutație (complet blocat sau complet deschis) și comandate „sincron” de un oscilator de frecvență constantă ($f_0 = 500$ Hz).

Un amplificator de curent alternativ format din trei tranzistoare (T_5, T_6, T_7) asigură procesul de amplificare a mărimii de intrare.

Amplificatorul electronic de curent continuu folosind modulator magnetic (IEA tip H11). Modulatorul magnetic cuprinde două miezuri magnetice toroidale dintr-un material feromagnetic special „permalloy”, care, printr-o schema adecvată, asigură la ieșire impulsuri dreptunghiulare de amplitudine constantă însă de durată proporțională cu tensiunea continuă U_c aplicată. Amplificatorul de curent alternativ, oscilatorul și demodulatorul sunt identice cu cele din cazul precedent astfel că se asigură, ca și în primul caz, o tensiune de ieșire U_e continuă amplificată în raport cu tensiunea U_c .

• Amplificatoare pneumatice și amplificatoare hidraulice, destinate amplificării semnalelor primite de la traductoarele pneumatice, respectiv hidraulice. Acestea sunt amplificatoare de putere, realizând cel mai adesea amplificări de forțe sau viteze sau a amplitudinii puterii fiind produsul dintre forță și viteză. Sursa auxiliară de energie folosită este aerul comprimat (pentru cele pneumatice), respectiv uleiul sub presiune

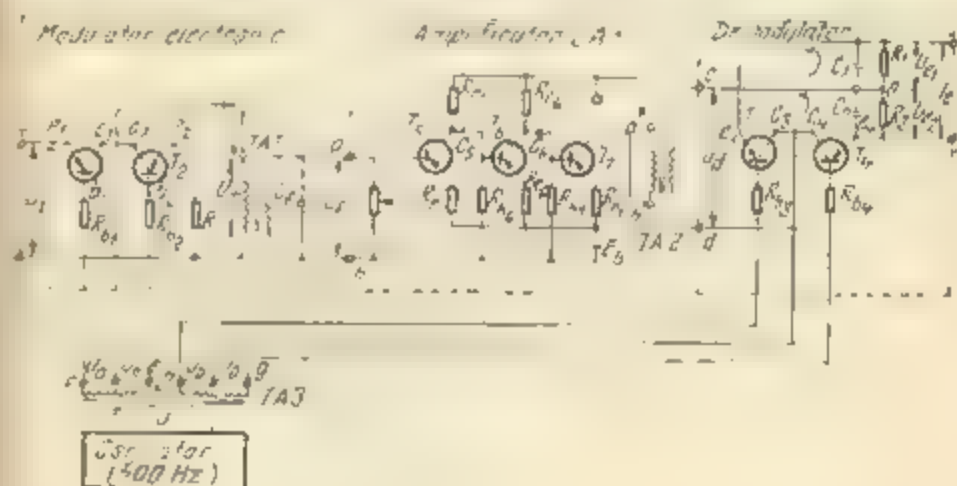


Fig. 10.11. Amplificator de c.c. cu modulator electronic.

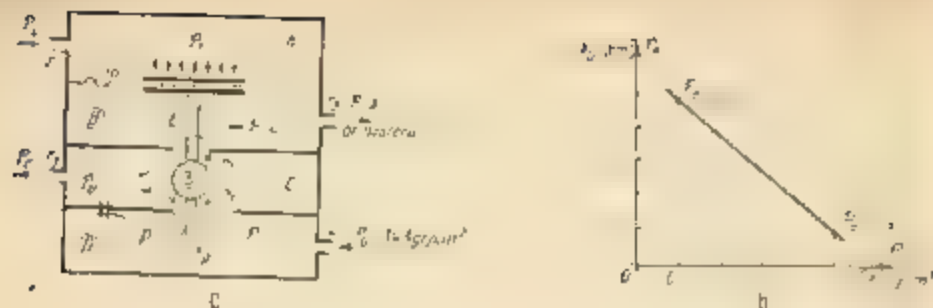


Fig. 10.12. Amplificator pneumatic de putere
a - schema pneumatică b - caracteristica statică

(pentru cele hidraulice). În figura 10.12, a este reprezentat, spre exemplu, un amplificator pneumatic de putere. Acest tip de amplificator cuprinde un corp cilindric format din patru camere: A, B, C și D. Camerele A și B sunt despărțite prin membrana m din pânza cauciucată și rigidizată cu discurile metalice d solidare cu tija l.

Între camerele B și C se află un perete rigid cu un orificiu central o_1 prin care trece tija l. Între camerele C și D se află de asemenea un orificiu o_2 , obturat de bila b împinsă în sus de resortul plat P. Cele patru camere au racorduri exterioare cu următoarele funcții:

- camera A, racordul r_1 pentru presiunea de intrare p_1 ;
- camera B, racordul r_2 pentru legătura cu exteriorul ($p = 0$);
- camera C, racordul r_3 pentru presiunea de ieșire p_e ;
- camera D, racordul r_4 pentru presiunea de alimentare p_a ($p_a = 1.4 \text{ kgf/cm}^2$) (cf)

Amplificatorul prezentat deplasează semnalul de intrare p_1 cu 180° , adică atunci când p_1 crește p_e scade.

Funcționarea amplificatorului are loc în felul următor:

- când presiunea de intrare p_1 are valoarea minimă $p_1 = p_{1\min} = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ (nivelul minim al semnalului pneumatic unificat), resortul P împinge bila b în sus pînă ce aceasta obturează complet orificiul o_2 . În acest caz rezistența pneumatică de trecere a orificiului o_2 este minimă, astfel că presiunea de ieșire p_e capătă valoarea maximă ($p_e = p_{e\max}$) obținută de la presiunea de alimentare p_a .

* $1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.80665 \text{ N/m}^2$

— când presiunea de intrare p_1 are valoarea maximă $p_1 = p_{1\max} = 1 \text{ kgf/cm}^2$ (nivelul maxim al semnalului pneumatic unificat), forța F_p a resortului P este învinsă, bila b fiind împinsă în jos (prin tija l) pînă ce aceasta obturează complet orificiul o_2 . Rezistența pneumatică de trecere a orificiului o_2 este maximă, astfel că presiunea de ieșire p_e capătă valoarea minimă ($p_e = p_{e\min}$), prin legarea circuitului de ieșire direct cu atmosfera ($p = 0$).

— în sfîrșit, pentru valori intermediare ale presiunii p_1 ($0.2 < p_1 < 1 \text{ kgf/cm}^2$), bila b ocupă o poziție intermediară astfel că, prin situația pînă la o valoare intermediară între $p_a = 1.4 \text{ kgf/cm}^2$ și $p = 0$ (atmosfera), datorită legerii simultane a camerelor B, C și D prin rezistențele pneumatiche de trecere a aerului prin orificiile o_1 și o_2 .

În figura 10.12, b este arătată caracteristica statică a acestui amplificator din care se observă defazarea semnalului de intrare (când p_1 crește, p_e scade și invers).

C. REGULATORI

1. Noțiuni generale.

Elementele componente ale reguletoarelor automate

Într-un sistem de reglare automată, dispozitivul de automatizare poartă numele de *regulator automat*.

Regulatorul este acel element de automatizare la intrarea căruia se aplică o mărime numerică eroare (sau abatere) și la ieșirea căreia se obține mărimea de comandă x, care determină acționarea elementelor de execuție.

Măsurarea erorii (sau abaterii) reprezintă diferența dintre valoarea mărimei controlate de regulator și valoarea prescrite (dintre stabilite) a acesteia. Numită *consemnat*, se realizează cu ajutorul unor transductoare și elemente de comparație.

Prin această construcție regulatorului se asigură o asemenea dependență între mărimea de comandă x și eroarea e încît, ca urmare a acțiunii elementului de execuție comandat de regulator să se obțină în anularea abaterii și menținerea acesteia între limite amănunte stabilite în împlinindu-se astfel funcția de reglare.

Oricîte există o mare varietate de tipuri de reguletoare, schema bloc a oricărui regulator conține următoarele elemente componente (fig. 10.13).

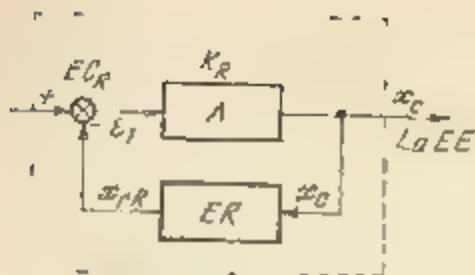


Fig. 10.13 Schema bloc cu elementele componente ale unui regulator automat.

A — amplificator; ER — element de reacție; EC_R — element de comparație al regulatorului

- amplificatorul;
- elementul de comparație;
- elementul de reacție.

• Amplificatorul, notat cu A în figura 10.13, este elementul de bază al regulatorului. El amplifică mărimea e_1 de la intrare cu un factor K_R , deci realizează o dependență de tipul:

$$x_s(t) = K_R \cdot e_1(t). \quad (10.5)$$

unde K_R reprezintă factorul de amplificare al regulatorului

• Elementul de reacție, notat în figură cu ER , primește la intrare mărimea de comandă x_s (de la ieșirea amplificatorului) și elaborează la ieșire un semnal x_r , denumit *mărime de reacție a regulatorului*. Elementul de reacție al regulatorului determină o dependență proporțională între x_r și x_s (el poate fi un traductor, o rețea de corecție pasivă etc.).

• Elementul de comparație al regulatorului, notat cu EC_R , efectuează continuu compararea valorilor abaterii e și a lui x_r după relația

$$e_1(t) = e(t) - x_r(t) \quad (10.6)$$

Mărimea de comandă x_c se aplică elementului de execuție EE al SRA.

2. Clasificarea reguletoarelor

Clasificarea reguletoarelor se poate face după mai multe criterii, dintre care vor fi amintite cele mai importante (figura 10.14).

• După tipul acțiunii, pot fi *reguletoare cu acțiune continuă* și *reguletoare cu acțiune discretă* (sau *discontinue*).

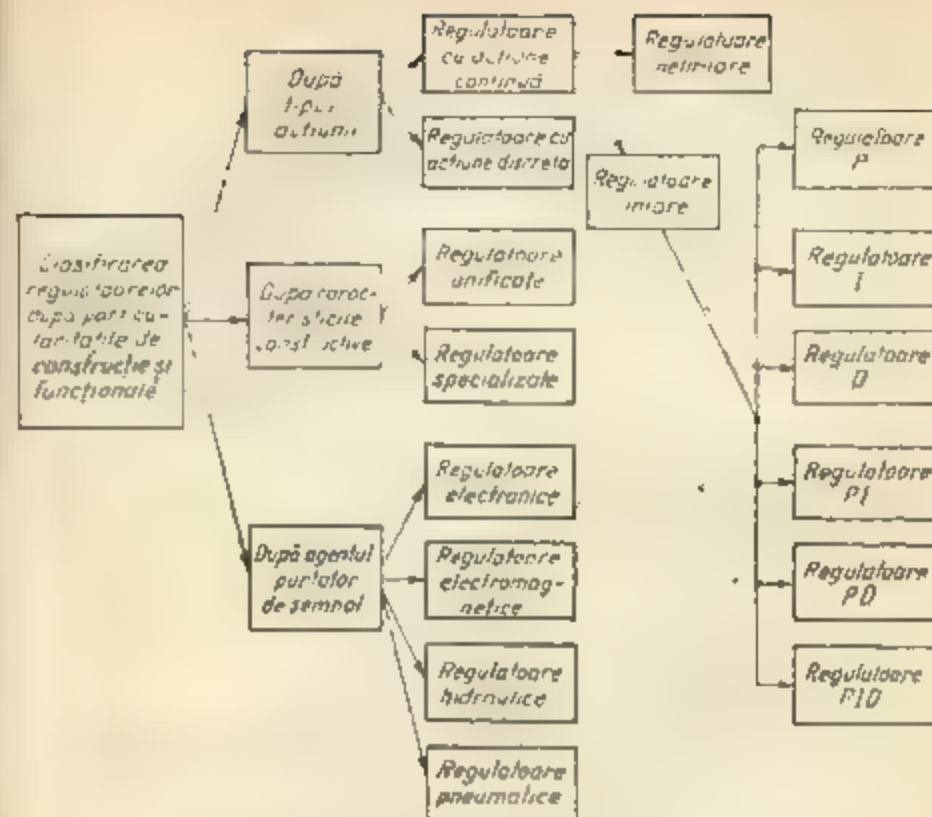


Fig. 10.14. Clasificarea reguletoarelor automate.

Reguletoare cu acțiune continuă sînt cele în care mărimile $e(t)$ și $x_s(t)$ variază continuu în timp (mărimi analogice, dacă dependența dintre cele două mărimi este liniară (în sensul proporționalității), reguletorul se numește *liniar*, iar dacă este neliniară — *reguletor neliniar*.

Reguletoarele cu acțiune discretă (sau *reguletoarele discontinue*) sînt cele la care mărimea $e(t)$ dec. și $x_s(t)$, reprezintă un tren de impulsuri; la aceste reguletoare există o relație discontinuă între abatere și mărimea de execuție.

• După caracteristicile constructive, se deosebesc *reguletoare unificate* și *reguletoare specializate*.

Reguletoarele unificate se pot utiliza pentru reglarea a diferiți parametri (temperatură, presiune, debit etc.), iar cele specializate

— numai pentru o anumită mărime, caracteristică pentru un proces dat.

• După agentul purtător de semnal, regulatoarele sînt de tip *electronic, electromagnetic, hidraulic* sau *pneumatic*.

• După viteza de răspuns, regulatoarele se clasifică în *regulatoare pentru procese rapide*, folosite pentru reglarea automată a instalațiilor tehnologice care au constante de timp mici (mai mici de 10 s) și *regulatoare pentru procese lente*, folosite atunci cînd constantele de timp sînt mari (depășesc 10 s).

3 Regulatoare cu acțiune continuă liniară

O largă utilizare în automatizările industriale au regulatoarele cu acțiune continuă liniară. Acestea sînt regulatoare automate cu acțiune continuă (deci la care mărimea de comandă este influențată în mod continuu de mărimea reglată și implicit, de eroare) pentru care legea de reglare, adică dependența dintre $x(t)$ și $e(t)$, are un caracter strict liniar (proporțional).

Din clasificarea prezentată în figura 10.14, rezultă că regulatoarele continue liniare sînt de șase tipuri:

- regulatoare cu acțiune proporțională notate cu P
- regulatoare cu acțiune integrală, notate cu I;
- regulatoare cu acțiune diferențială, notate cu D;
- regulatoare cu acțiune proporțională-integrală, notate cu PI;
- regulatoare cu acțiune proporțională-diferențială, notate cu PD;
- regulatoare cu acțiune proporțional-integral-diferențială, notate cu PID.

• Regulatoare cu acțiune proporțională (P) Aceste regulatoare stabilesc, între mărimea de intrare în regulator $e(t)$ și cea de comandă $x_e(t)$ o relație de proporționalitate:

$$x_e(t) = K_R \cdot e(t), \quad (10.7)$$

în care K_R este factorul de amplificarea al regulatorului.

Uneori în loc de factorul de amplificare K_R se folosește o altă constantă, denumită *banda de proporționalitate a regulatorului P*, care se notează cu BP . Cînd domeniul de variație al mărimii de acționare a

regulatorului (abaterea e) este egal cu domeniul de variație al mărimii de comandă, domeniul de proporționalitate se determină din relația

$$BP = \frac{1}{K_R} 100 (\%) \quad (10.8)$$

Regulatorul de tip P menține în regim staționar o eroare a cărei valoare depinde de sarcină. Acest regulator poate fi utilizat decî numai atunci cînd procesul reglat admite o asemenea abatere față de valoarea prestabilită a parametrului reglat.

În figura 10.15 este prezentată simplificat, spre exemplificare, reglarea automată a prei unui ulei fluid utilizînd un regulator de tip P hidraulic cu acțiune continuă, liniară. În acest exemplu parametrul ce se reglează este presiunea fluidului din conducta 5. Ansamblul regulator element de execuție cuprinde următoarele elemente: traductorul de reacție, elementul de prescripție, elementul de comparație, amplificatorul cu distribuitor, elementul de execuție.

Traductorul de reacție (elementul de măsurare) este format din membrana elastică 1 care converteste variațiile presiunii din conducta 5 în variația de deplasare linară a cîrtei fixate de mîna brînză

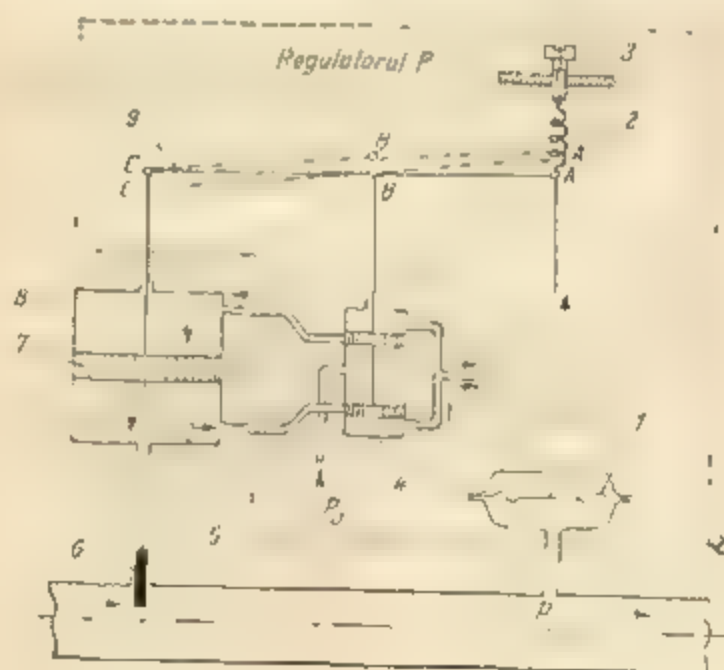


Fig. 10.15. Regulator P liniar cu acțiune continuă.

Elementul de prescriere 3 este elementul cu ajutorul căruia se fixează valoarea de consemn a presiunii din conductă. Prin intermediul resortului 2, elementul de prescriere deplasează punctul A al tijei ABC .

Elementul de comparare 9 este format din pârghia ABC .

Amplificatorul de distribuitor 4 folosește ca sursă de energie exterioară un fluid cu presiune p_0 . Existența acestui amplificator este legată de necesitatea elaborării semnalului capabil să acționeze pistonul 7 al elementului de execuție.

Elementul de execuție este format din cilindrul 8, pistonul 7 și clapeta de închidere 6.

Se presupune că inițial presiunea din conductă se află la valoarea nominală p_n (denumită și *valoare de consemn*) și că la un moment dat are loc o creștere a presiunii p ($p > p_n$). În aceste condiții, se produc următoarele modificări în funcționarea dispozitivului.

- membrana 1 se deformează sub acțiunea presiunii p și tija de legătură cu membrana se deplasează în sus, comprimând resortul 2; ca urmare, punctul A se deplasează în A' .

- elementul de comparare 9 își modifică poziția și se stabilește după linia $A'B'C'$, antrenând și tija cu pistonase a amplificatorului 4;

- orificiul de legătură dintre amplificatorul 4 și elementul de execuție 8, din partea de sus a amplificatorului, se deschide puțin (deschiderea este cu atât mai mare, cu cât abaterea lui p de la valoarea p_n a fost mai mare) și fluidul sub presiunea p_0 intră pe fața superioară a pistonului 7, împingându-l în jos;

- clapeta 6 obturează mai mult din secțiunea de trecere a fluidului din conductă 5 și presiunea p scade, tinzând spre p_n . În această situație, elementul de comparare revine la poziția ABC .

În cazul în care presiunea p ar fi scăzut față de valoarea nominală, respectiv $p < p_n$, acțiunea regulatorului ar fi fost inversă, tinzând să ducă la creșterea lui p .

• **Regatoare cu acțiune integrală (I).** Denumirea de regatoare cu acțiune integrală derivă de la dependența dintre mărimea de acționare (abaterea ε , și mărimea de comandă (v)) pe care o realizează acest tip de regatoare, și anume:

$$\varepsilon(t) = K_I \int e(t) dt. \quad (11.9)$$

Se observă că mărimea de comandă (de la ieșirea regulatorului) depinde de integrala abaterii ε . Constanta K_I , care este fixată prin construcția regulatorului, se numește *factor de amplificarea* al regulatorului I .

În loc de constanta K_I , se mai utilizează valoarea inversă a acesteia

$$T_I = \frac{1}{K_I}, \quad (10.10)$$

în care T_I se măsoară în unități de timp și se numește *constantă de timp de integrare*.

Regatoarele cu acțiune integrală sînt mai puțin utilizate deoarece înrăutățesc stabilitatea funcționării și necesită o durată mai mare a procesului de reglare, în comparație cu cele proporționale.

• **Regatoare cu acțiune diferențială (D).** Regatoarele cu acțiune diferențială (D) realizează o lege de reglare în care mărimea de ieșire a regulatorului (sau mărimea de comandă) este proporțională cu derivata mărimum de intrare. Expresia matematică a legii de reglare a acestor regatoare este:

$$v(t) = K_D \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (10.11)$$

Se poate observa că mărimea de comandă este proporțională cu viteza de variație a erorii (sau a abaterii).

În relația (10.9) coeficientul K_D depinde de tipul de realizare constructivă a regulatorului și se numește *factor de amplificarea* al regulatorului D .

La o modificare relativ monotonică a lui $\varepsilon(t)$, viteza de variație a abaterii ε crește mai repede decît abaterea, ceea ce face ca regulatorul D să acționeze mai rapid decît un regulator P (fig. 10.16).

Întotdeauna se observă că mărimea de comandă se manifestă într-un interval de timp limitat, avînd uneori forma unui impuls (fig. 10.6,

• **Regatoare mixte** în ceea ce privește modul de acționare, rezultă din combinarea mai multor regatoare cu acționare P , D sau I , și anume

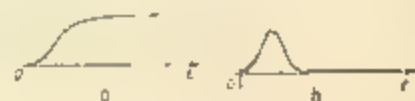


Fig. 10.16 Răspunsul regulatorului de tip D la o variație la intrare monotonică

- *reglatoare PI* (o combinație între regulator proporțional și unul integral);
- *reglatoare PD* (o combinație între un regulator proporțional și unul diferențial);
- *reglatoare PID* (o combinație de reglatoare *P*, *I* și *D*)

Aceste reglatoare sînt cel mai des folosite; ele îmbină avantajele acționărilor simple de tip *P*, *I* sau *D* într-unul și același regulator

4. Reglatoare unificate și sisteme unificate de reglare automată

Spre deosebire de instalațiile cu reglatoare specializate testate, proiectate și construite numai pentru un anumit tip de instalație sau proces tehnologic, cele cu elemente de automatizare unificate se caracterizează prin stabilirea și utilizarea unui semnal standard, atât ca natură, cât și ca nivel. Ele au fost prevăzute nu numai cu reglatoare unificate, dar chiar cu elemente sau blocuri tip cu semnal unificate, care îndeplinesc funcții independente și se caracterizează prin faptul că mărimile (semnalele) de intrare și de ieșire ale fiecărui element sînt de aceeași natură fizică și au aceeași unitate ale gamei (domeniului) de variație. Se realizează, astfel, sisteme unificate de reglare automată.

Combinarea diferită a reglatoarelor și elementelor de reglare unificate, cu structură funcțională și constructivă înaltă, permite folosirea sistemelor unificate de reglare la automatizarea unor instalații cu caracteristici tehnologice diferite.

În țara noastră se fabrică și se utilizează diferite reglatoare automate unificate. În general, aceste reglatoare se pot clasifica după cum urmează.

- După agentul purtător de semnal, reglatoarele unificate se împart în *reglatoare unificate pneumatice, hidraulice și electronice*.

În cazul *reglatoarelor unificate pneumatice*, semnalul unificat adoptat în general este presiunea de $(2 \dots 10) \text{ N/cm}^2$. La această presiune redusă, debitul de aer de lucru consumat este mult mai mic de propagare a semnalului este maximă, iar pericolul de incendiu cauzat de apă, ca urmare a variațiilor de temperatură, este practic înlăturat.

În cazul *reglatoarelor unificate hidraulice* (cu ulei) se adoptă presiunea minimă de 15 N/cm^2 pentru alimentarea regulatorului cu variații ale presiunii de comandă a uleiului între limitele $2 \dots 10 \text{ N/cm}^2$.

În cazul *reglatoarelor unificate electronice*, semnalul unificat adoptat de majoritatea întreprinderilor constructoare de echipament automatizate este o mărime electrică (tensiune sau curent) continuă, de regulă, semnalul de curent unificat: $2\text{--}10 \text{ mA}$ sau $4\text{--}20 \text{ mA}$.

Se extinde, în ultimii ani, folosirea *reglatoarelor unificate electronice pneumatice sau electro-hidraulice*, care conțin atât elemente electronice (at și elemente fluide pneumatice sau hidraulice). Pentru construirea acestor elemente cu realizări constructive și principii de funcționare diferite, se introduce în schema de reglare convertoare electrono-pneumatice sau pneumo-electronice, respectiv electrohidraulice.

○ **Observația 1.** Nu se folosește un semnal electric alternativ, deoarece acesta ar implica o serie de dificultăți legate de influența impedanței circuitelor electrice, de defazajele produse, de necesitatea folosirii unor cabluri speciale etc.

○ **Observația 2.** Instalațiile sau procesele tehnologice reglate pot avea constante de timp diferite. Astfel, unele dintre ele se caracterizează prin constante de timp mari (reglarea temperaturii, reglarea debitului, nivelului, presiunii și concentrației la cazanele de abur etc.), pe cînd altele, dimpotrivă, prin constante de timp reduse (reglări de viteză, poziție, reglarea tensiunii de excitație a generatorilor electrice, reglarea turației motoarelor etc.). Primele se numesc *procese lente*, celelalte — *procese rapide*. În cadrul proceselor rapide, la un anumit portanță de lucru, se pot realiza procese electrodinamice și al acționărilor electrice. Reglatoarele unificate vor avea deci caracteristici tehnice și constructive diferite, în funcție de procesul reglat, deoarece realizarea constantelor de timp diferă de la un caz la altul.

- În funcție de gama de variație a semnalului unificat electric (limitile domeniului de variație) se întindesc două variante de reglatoare unificate:

- *cu nivel minim zero;*
- *cu nivel minim diferit de zero.*

În țara noastră au fost adoptate varianta cu semnal de nivel minim zero pentru *sistemul electronic unificat UNIDIN* destinat reglării proceselor rapide (semnalul unificat fiind o tensiune continuă de $+10 \text{ V}$, cu gama de variație $0 \dots 10 \text{ V}$, și varianta cu semnal minim diferit de zero pentru *sistemul electronic unificat elne IEA* produs de Întreprinderea de Elemente de Automatizare București destinat reglării proceselor lente (semnalul unificat fiind un curent continuu, cu gama de variație $2 \dots 10 \text{ mA}$).

În figura 10.17 sînt reprezentate elementele componente ale sistemului unificat electronic UNIDIN fabricat în țară, destinat reglării proceselor rapide. Acest sistem unificat poate asigura reglarea diferitelor

Regulatorul *ELC* conține un amplificator operațional cu modulare-demodulare. Modulatorul primește de la un oscilator local semnalul sinusoidal cu frecvența de 500 Hz. În afară de modularea semnalului de intrare, el îndeplinește și funcția de element intern de comparație, însumând algebric semnalul de eroare primit la ieșirea circuitului de reacție operațional.

Semnalul lent variabil rezultat este înfășurătoarea unui semnal sinusoidal de 1000 Hz ce apare la ieșirea modulatorului, semnalul acestuia

Tabelul 10.1

Caracteristicile reguletoarelor ELC (IEA)

Caracteristică	Regulator E ₁ IL	Regulator E ₂ IL	Regulator E ₃ IL	Regulator E ₄ IL
Posibilități de reglare	Manuală și automată	Manuală și automată	Manuală și automată	Manuală și automată
Legi de reglare	PI	PI	PI	PI
Gama de indicare	—	—	—15% din valorile scărilor pentru valorile de referință	—15% din valorile scărilor pentru valorile de referință
Precizia indicării	—	—	1%	1%
Banua de proporționalitate	2...200% în 24 de trepte	4...400% în 24 de trepte	2...200% în 24 de trepte	4...400% în 24 de trepte
Tempul de integrare	10...100 s în 24 de trepte	1...10 s în 24 de trepte	1...10 s în 24 de trepte	1...10 s în 24 de trepte
Mărimea de intrare	2...10 mA curent continuu	—	0,4...2 V curent continuu	—
Mărimea de referință	2...10 mA curent continuu	—	0,4...2 V curent continuu	—
Mărimea de ieșire	2...10 mA curent continuu	—	—	—
Rezistența la sarcină	0...3 kΩ	—	—	—
Temperatura mediului ambiant	-10°C până la +45°C	—	—	—
Tempul de derulare	5...10 s în 24 de trepte	—	5...10 s în 24 de trepte	—
Temperatură de alimentare	220V, 50 Hz	220 V, 50 Hz	220 V, 50 Hz	220 V, 50 Hz

face ca el să fie în fază sau în opoziție de fază cu semnalul dreptunghiular de 1000 Hz furnizat de același oscilator local. Semnalul modulat se aplică blocului amplificator de c.a., format din trei etaje de amplificare și demodulatorului sincron. La ieșirea acestuia se obține o tensiune continuă proporțională cu semnalul de 1000 Hz al modulatorului și a cărei polaritate este funcție de faza semnalului de c.c. În continuare, se realizează o netezire a acestui semnal cu ajutorul unor condensatoare în derivație pe rezistența de sarcină. Amplificarea în putere se realizează cu două tranzistoare cu siliciu.

Circuitele de reacție se realizează cu rezistențe și capacități formând rețele pasive. În funcție de structura circuitului de reacție, se pot realiza cele două legi de reglare, PI sau PID.

Regulatorul este prevăzut cu un comutator care face trecerea *automat manual*. Sînt prevăzute și două aparate de măsurat M_1 — pentru măsurarea abaterii x_1 și M_2 — pentru măsurarea mărimum de comandă x_2 .

Operația de modulare — amplificare — demodulare se face cu scopul de a asigura amplificarea semnalului continuu cu un amplificator de curent alternativ.

În tabelul 10.1 sînt arătate principalele caracteristici ale reguletoarelor ELC, fabricate în țară.

D ELEMENTE DE EXECUȚIE

1. Noțiuni generale

Așa cum s-a arătat, mărimea de comandă x_2 de la ieșirea regulatorului automat se aplică la intrarea elementului de execuție al SRA.

Elementul de execuție reprezintă *partea prin care regulatorul acționează asupra instalației tehnologice sau procesului reglat*.

Existența elementelor de execuție este determinată de imposibilitatea mărimum de comandă de la regulator de a interveni direct asupra instalației sau procesului reglat, în scopul executării comenzii (ordinal de reglare).

Deschiderea sau închiderea unui ventil dintr-o conductă, a unui interruptor într-o rețea electrică, deplasarea cursorului, unui reostat în

circuitul de excitație al unui generator sincron etc., sînt tot atît de moduri de intervenție într-un proces sau instalație tehnologică.

Un element de execuție este format dintr-un organ de execuție (ventil, întrerupător, clapetă, reostat etc.) și un motor de execuție (numit uneori și servomotor) al acestuia.

$$\boxed{\text{ELEMENT DE EXECUȚIE}} = \boxed{\text{MOTOR}} + \boxed{\text{ORGAN DE EXECUȚIE}}$$

Din punct de vedere structural, organul de execuție face parte integrantă din instalația tehnologică asupra căreia se intervine direct, atunci cînd reglarea se face manual. De exemplu reostatul pentru variația rezistenței o.m.c.c. a circuitului de excitație al generatorului sincron este prevăzut și instalat în excitația mașinii încă de la fabricația acesteia. Deplasarea cîrsoarei reostatului se poate realiza manual sau prin intermediul unui motor de execuție.

Introducerea automatizării presupune însă prevedea ca motoarele de execuție, adică mecanizarea organelor de execuție. Rezultă, astfel, elementul de execuție al SRA.

2. Principiul de funcționare

În general elementele de execuție au ca principiu de funcționare fie variația unui debit de fluid prin modificarea secțiunii de trecere, fie modificarea cantității de substanță (energie, produsă de o sursă).

Modificarea cantității de substanță sau de energie, poate fi realizată în două moduri:

- *continuu* — atunci cînd cantitatea respectivă trebuie modificată în mod continuu între două valori limită. De exemplu, un ventil modifică continuu cantitatea (debitul de fluid ce trece printr-o conductă), între zero (ventil închis) și valoarea maximă corespunzătoare ventilului complet deschis.

- *discontinuu* — atunci cînd cantitatea respectivă este modificată discret, numai pentru două valori limită dintre care una este în general zero („tot sau nimic”). De exemplu, la un întrerupător electric avînd numai două poziții posibile (deschis sau închis, curentul ce-l străbate poate avea valoarea zero sau o valoare nominală oarecare).

3. Clasificarea elementelor de execuție

Ca rezultat al multitudinii și diversității proceselor tehnologice supuse automatizării au fost concepute și realizate diverse tipuri de elemente de execuție. Ținînd seama însă de natura sursei de energie pentru alimentarea motoarelor de execuție ale acestora, elementele de execuție se pot clasifica în (fig. 10.19):

- elemente de execuție electrice;
- elemente de execuție pneumatice,
- elemente de execuție hidraulice.

Organele de execuție cel mai des întîlnite în instalațiile electro-energetice sînt: întrerupătoarele, reostatul etc.

Organele de execuție cel mai des utilizate pentru modificarea cantității de substanță (lichide sau gaze) sînt robinetul, vana plană, vana clapetă etc.

Aceste tipuri de organe de execuție necesită motoare de execuție cu mișcări corespunzătoare.

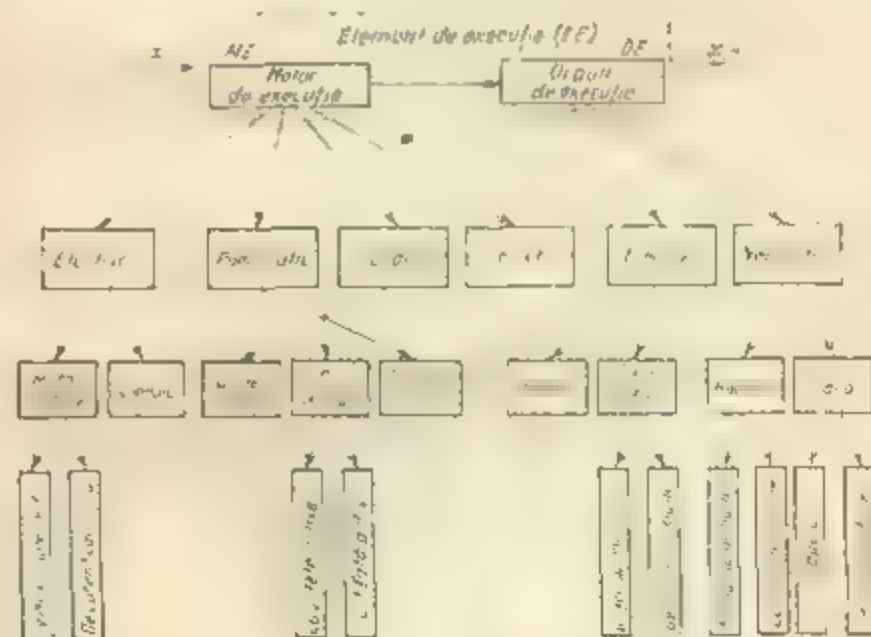


Fig. 10.19 Clasificarea elementelor de execuție ale sistemelor de reglare automată

4. Elementele de execuție electrice

În principiu, aceste tipuri de elemente pot fi cu motor electric și cu electromagnet (solenoid).

● Elementele de execuție cu motor electric asigură o mișcare circulară continuă care, în general, este redusă de circa 100–200 ori cu ajutorul unui reductor mecanic de turație.

Motoarele electrice pot fi de curent continuu sau de curent alternativ.

Motoarele de curent continuu folosite sînt de obicei cele cu excitație separată.

Viteza de rotație depinde de mărimea semnalului aplicat, iar sensul de rotație — de polaritatea semnalului respectiv.

Motoarele de curent alternativ sînt fie cele monofazate serie cu colector, fie cele asincrone bifazate.

● Elementele de execuție cu electromagnet (solenoid) asigură o mișcare discontinuă bi-pozitională (închis-deschis, de capta-sim-gă etc.). Principiile lor sînt executate ca în figura 10.20. Când bobina B primește curentul de comandă I_c (mărimea x_1), miezul feromagnetic F este supus unei forțe de atracție și învingînd forța resortului R deplasază tija T . În acest mod, dacă tija T este, de exemplu, solidată cu axul întreruptorului I , se produce închiderea unui circuit electric și aprinderea lămpii L . La întreruperea curentului I_c prin bobină, resortul R care s-a armat la comanda inițial, readuce tija T în poziția anterioară și deschide întreruptorul I .

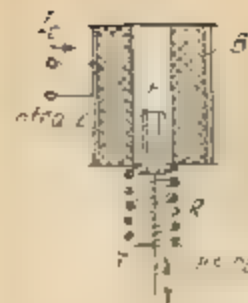


Fig. 10.20. Element de execuție cu solenoid.

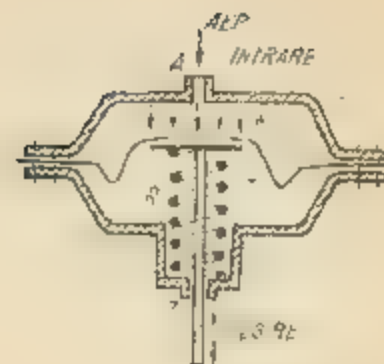


Fig. 10.21. Element de execuție cu membrană.

pe care îl comandă, variază continuu între două limite în funcție de presiunea aerului. Aerul comprimat are o presiune de obicei între 2 și 10 N/cm², iar cursa tijei este de 1–6 cm.

● Elementele de execuție hidraulice folosesc ca agent motor un lichid sub presiune, de obicei uleiul. Din punct de vedere constructiv, motoarele hidraulice nu diferă principial de cele pneumatice descrise mai sus; astfel, pot fi motoare hidraulice cu membrană, cu piston, cu piston și distribuitor etc.

Față de cele pneumatice, elementele de execuție hidraulice prezintă următoarele avantaje:

— dezvoltă forțe de acționare mult mai mari la aceleași gabarite, datorită presiunii de ulei care poate fi mult mai mare;

— acționează mai rapid datorită faptului că uleiul este practic incompresibil.

Ca și elementele pneumatice, cele hidraulice prezintă avantajul că pot fi folosite în medii explozive sau inflamabile, întrucât elementele electrice nu pot funcționa decât cu măsuri speciale de protecție. În schimb, elementele de execuție hidraulice, ca și cele pneumatice, necesită instalații speciale pentru producerea uleiului sub presiune, respectiv a aerului comprimat. Aceste instalații cuprind rezervoare de ulei sub presiune (respectiv aer), diverse pompe, compresoare, conducte, filtre etc.

5. Elementele de execuție pneumatice și hidraulice

● Elementele de execuție pneumatice folosesc ca sursă de energie aerul comprimat și se construiesc exclusiv pentru mișcarea de deplasare (translație). Principial sînt utilizate următoarele tipuri de elemente de execuție pneumatice: cu membrană și cu piston.

Elementele cu membrană (fig. 10.21) sînt formate dintr-o capsulă manometrică rotundă C , prevăzută cu o membrană M . Sub membrană se află un disc metalic D solidat cu tija T , prin care se transmite mișcarea și un resort anlagărist R . Aerul comprimat, adus prin conducta A , apasă asupra membranei și, învingînd rezistența resortului antagonistic, împinge tija în jos. Se observă că poziția tijei, deci a organului de execuție

● Elementele unui SRA care transformă („traduc”) o mărime oarecare (de obicei, neelectrică) într-o mărime de altă natură fizică (de obicei, electrică), proporțională sau dependentă de mărimea inițială se numesc *traductoare*. Traductoarele se folosesc în schemele de automatizare pentru măsurarea și prelucrarea pe cale electrică (de exemplu, folosind un ampermetru sau voltmetru) a unor mărimi neelectrice.

● Amplificatoarele sînt elementele SRA care măresc (amplifică) proporțional cu un factor de amplificare mărimea aplicată la intrarea lor. Necesitatea folosirii amplificatoarelor rezultă din faptul că mărimile furnizate de traductoare sînt insuficiente ca putere pentru a acționa direct asupra unui organ de comandă (sau conducere) dintr-o instalație de automatizare.

● Reglatoarele sînt dispozitive de automatare care realizează legea de reglare într-o instalație de reglare automată. La intrarea reglatoarelor se aplică eroarea (sau abaterea) e , iar la ieșirea reglatoarelor rezultă mărimea de comandă x_c (ordinul de reglare).

Reglatoarele se clasifică, în funcție de caracteristicile constructive (*reglatoare mecanice și reglatoare ionizate*), în funcție de particularitățile funcționale (*reglatoare cu o acțiune continuă — liniare și neliniare — și reglatoare cu acțiune discontinuă sau dezechetă*), în funcție de agentul purtător de semnal (*reglatoare electronice, electromagnetice, hidraulice și pneumatice*), în funcție de viteza de răspuns (*reglatoare pentru procese rapide și reglatoare pentru procese lente*).

● Elemente de execuție sînt acele elemente de automatare prin care regulatorii acționează asupra instalației sau procesului reglat. Ele cuprind *motorul de execuție și organul de execuție* ultimul face parte integrantă din instalația tehnologică (obiectul reglat).

TELEMECANICĂ

A. DEFINIȚII ȘI NOȚIUNI GENERALE

Telemecanica reprezintă totalitatea mijloacelor tehnice prin care se asigură transmiterea la distanță a unei informații (a unei măsurări, a unei comenzi sau a unui semnal).

Pentru a realiza măsurarea, comanda și semnalizarea fără participarea omului sau cu participarea operatorului numai în anumite faze ale transmiterii informației, dispozitivele telemecanice transformă informația în semnale și le transmit la distanță, pe linii de transmisie. Ansamblul dispozitivelor telemecanice utilizate formează un sistem telemecanic.

Se pot enumera destule procese de producție în care este necesară utilizarea telemecanicii. Astfel de procese sînt:

procesele de producție complexe în care diferite părți sau instalații funcționează în strînsă legătură, deși sînt situate la distanțe mari între ele (cazul centralelor electrice, stațiilor de transformare și liniilor de transport și distribuție din sistemul energetic, al sistemelor de irigație, al cîmpurilor de sonde și al rețelelor de distribuție de gaze naturale etc.),

procesele de producție la care se impune conducerea de la distanță din considerente de securitate și protecție a muncii, fie din imposibilitatea situării omului în locul în care se desfășoară procesul respectiv (cazul lucrărilor de foraj la mare adâncime, controlul și comanda funcționării anumitor instalații cu temperaturi ridicate sau scăzute, în mediu radioactiv, la înaltă tensiune — supravegherea și conducerea de la distanță a reactorilor nucleari a zborului rachetelor cosmice și sateliților etc.).

procesele la care comanda de la distanță asigură o desfășurare mai operativă și un grad sporit de siguranță în funcționare (ca de exemplu automatizarea triajelor de cale ferată, controlul centralizat al circulației feroviare sau rutiere, supravegherea și dirijarea traficului aerian, conducerea de la distanță a centralelor hidroelectrice etc.).

B. FUNCȚIILE SISTEMELOR TELEMECANICE ȘI PRINCIPIUL DE REALIZARE A ACESTORA

Telemecanica permite realizarea următoarelor funcțiuni:

— *telemăsurarea*, adică transmiterea la distanță a rezultatelor unei măsurări (de exemplu, telemăsurarea valorii tensiunii, nivelului sau debitului);

— *telecomanda*, adică transmiterea la distanță a unei comenzi (de exemplu, telecomanda pornirii sau opririi unui agregat);

— *telesemnalezarea*, adică transmiterea la distanță a unui semnal (de exemplu, telesemnalezarea unei avarii, telesemnalezarea depășirii unor limite, a poziției închis sau deschis a unui întreruptor etc.).

Când instalația de telemecanică permite realizarea unei reguli la distanță, se obține o *telereglare* (ca de exemplu, telereglarea puterii unor centrale electrice).

În tabelul 11.1 se prezintă funcțiile telemecanicii în raport de tipul și caracterul informației transmise la distanță.

Tabelul 11.1

Tipul informației	Caracterul informației	Funcția
de control	telecomandă	telecomandare
de comandă	telesemnalezare	telesemnalezare
de comandă	telereglare	telecomandare

În figura 11.1 este arătată principial telemecanizarea unui sistem energetic. Pentru buna funcționare a sistemului de telemecanizat în ansamblu, este necesar să se centralizeze într-un punct de comandă, sau punct dispecer, controlul și comanda întregului sistem energetic.

Legătura dintre punctul de comandă sau dispecer (fig. 11.2) și instalațiile controlate sau comandate prin mijloace telemecanice se realizează

Centrala hidroelectrică 2

Centrala hidroelectrică 1

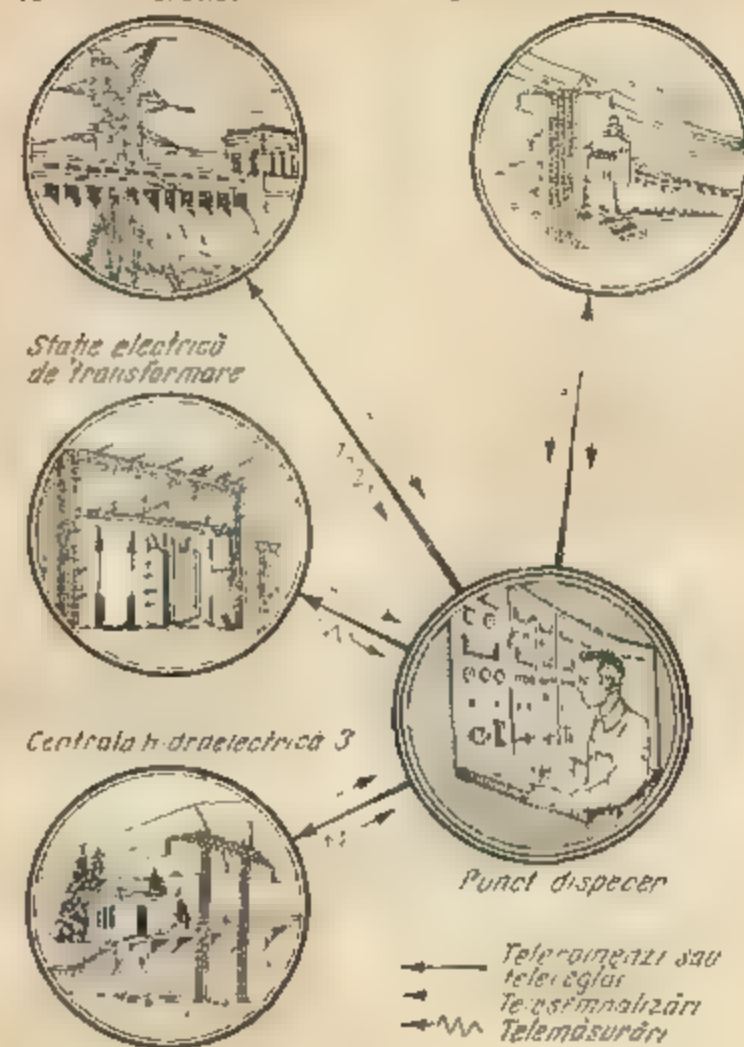


Fig. 11.1. Telemecanizarea unui sistem energetic.

za pe cale electrică, printr-o linie de transmisie. Această legătură se poate realiza fie prin conductoare electrice (linie de telecomunicație prin fire sau linie de transport de energie electrică), fie fără conductoare de legătură (canal de telemecanică prin radio)



Fig. 11.2. Conexiunea dispecer-obiect telemecanizat.

C. STRUCTURA APARATURII DE TELEMECANICĂ

Orice sistem de telemecanică este alcătuit din cel puțin două subansambluri sau terminale — cel de la postul dispecer și cel (sau cele) de la postul (sau posturile) comandat la distanță, legate între ele prin canale de telemecanică.

În cazul în care se transmite numai informația de control (telesemnălizarea sau telemăsurarea), postul controlat reprezintă totodată postul de emisie a semnalelor iar postul de comandă (sau dispecer) — postul de recepție. Dacă se transmite numai informația de comandă, emițătorul se află la postul de comandă (sau dispecer) iar receptorul (sau receptoarele) la postul comandat.

În situația în care se prevede atât transmiterea de informații de control, cât și de informații de comandă, ambele terminale trebuie să conțină atât emițătorul, cât și receptorul de semnale telemecanice.

În funcție de modul de transmitere în timp a semnalelor telemecanice, deosebim transmiterea permanentă a semnalelor, transmiterea periodică sau ciclică și transmiterea intermitentă în timp a semnalelor.

Aceasta din urmă se poate efectua fie în mod automat, în momentul apariției unei schimbări în desfășurarea procesului tehnologic condus de la distanță (de exemplu, la apariția unei avarii), fie la cerere, la comanda dispecerului.

În figura 11.3 este reprezentat cazul general al structurii aparaturii de telemecanică.

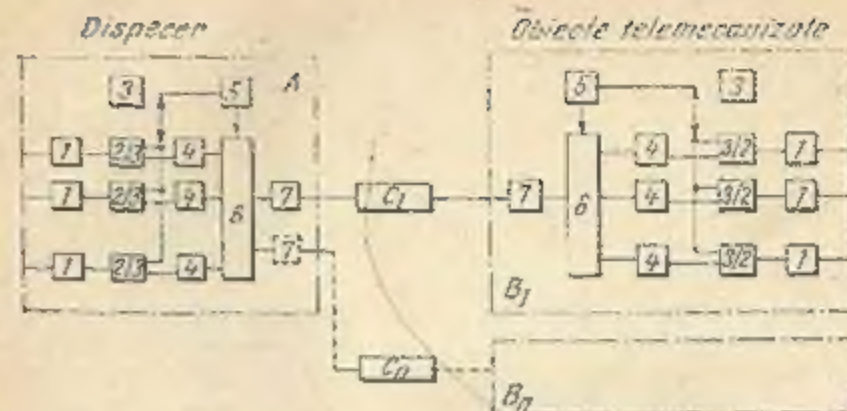


Fig. 11.3. Structura generală a unei aparaturi de telemecanică:

A — terminalul situat la dispecer; B₁, B₂, ..., B_n — terminale situate la obiectele telemecanizate; C₁, C₂, ..., C_n — canale de telemecanică; 1 — blocuri de conectare externă; 2 — blocuri de prelucrare a informației; 3 — blocuri energetice (surse + amplificatoare); 4 — blocuri de memorizare; 5 — blocuri de organizare automată a funcționării; 6 — blocuri de separare; 7 — blocuri de cuplare internă la canalele de telecomunicație.

D. SISTEME TELEMECANICE FABRICATE ÎN ȚARĂ

În țara noastră, Institutul pentru Cercetări și Modernizarea Instalațiilor Energetice (ICEMENERG) și IEA — București fabrică elemente și instalații de telemecanizare cu elemente statice.

Astfel, se pot cita: echipamentul pentru automatizarea și telemecanizarea centralelor hidroelectrice — de pildă, din hidrocentrala Stejarul (Bicaz) se conduce prin telemecanizare alte 11 obiective energetice din „aval Bistrița” (centralele hidroelectrice Pingărați, Vaduri, Roznov ș.a.); echipamentul cuprinde: dispozitive pentru convertirea, memorizarea și repartizarea automată a consemnului de putere activă sau reactivă, dispozitive pentru reglarea automată a deschiderii vanelor, pentru reglarea automată a excitației generatoarelor, pentru reglarea automată a nivelului în bazinele de liniștire, pentru pornirea sau oprirea automată a turbinelor etc.); echipamentele de telemecanică cu elemente statice (variantele: „TESECIC” — pentru telesemnălizare ciclică, „TELECIN” — pentru telesemnălizare și telemăsurare ciclică numerică, „TELESTAT” — pentru telecomandă la cerere, telesemnălizare și telemăsurare ciclică numerică, „TELEMARC” — pentru telecomandă,

telesemnalizare, telemăsurare și telereglare numerică); echipamentul „TELEPAL” — pentru comanda punctelor de alimentare; diverse echipamente de telemecanică cu circuite integrate etc.

Rezumat

● Telemecanica reprezintă totalitatea mijloacelor tehnice prin care se asigură transmiterea la distanță a unei informații (a unei măsurări, a unei comenzi sau a unui semnal). Ea este acea ramură a științei și tehnicii care se ocupă cu metodele și mijloacele tehnice de stabilire a unor legături corespunzătoare între mai multe instalații tehnologice în interdependență funcțională și un punct de conducere (sau dispecer) al sistemului de ansamblu.

Telemecanica permite realizarea următoarelor funcțiuni: (telemăsurarea, telecomanda, telesemnalizarea și telereglarea).

● Legătura dintre punctul de comandă (sau dispecer) și instalațiile (obiectele) controlate sau comandate prin mijloace telemecanice se realizează pe cale electrică, printr-o linie de transmisie (numită și canal de telemecanică), fie prin conductoare electrice, fie prin radio.

Răspunsuri la întrebări

1.5. — 13,14 kA; 1,6 — 1 200 con/oră ($t_c = t_a + 1,2$ și $t_c = t_a/10,6$, de unde $t_a = 1,8$ și $t_a = 3$ s).

2.2 — 85 kV, 240 kV; 2.3 — $0, = 0,406 \frac{\rho}{K} \cdot \frac{I^2}{d^3}$;

2.4 — $0, = \frac{\rho}{2K} \cdot \frac{I}{ab(a+b)}$;

2.5 — 144°C; 2.6 — 480 A; 2.7 — 95°C; 2.9 — 7,2 kWh;

2.10 — 2 600 daN; 2.13 — nu.

3.6 — la fel (66 V).

Partea I. APARATE ELECTRICE	3
Cap. 1. Introducere în funcționarea și construcția aparatelor electrice	3
A. Rolul și importanța aparatelor electrice	3
B. Mărimiși caracteristice ale aparatelor electrice	4
Cap. 2. Solicitări la care sînt supuse aparatele electrice	7
A. Solicitări electrice	9
B. Solicitări tehnice	8
C. Solicitări electrodinamice	11
D. Solicitări datorate mediului în care lucrează aparatele	13
1. Condiții normale de mediu	13
2. Condiții speciale de mediu	14
Cap. 3. Arcul electric de întrerupere	17
A. Ionizarea și deionizarea gazelor. Caracteristica volt-ampere a arcului electric	17
B. Metode și dispozitive de stingere a arcului electric	18
1. Stingerea arcului de curent continuu	19
2. Stingerea arcului de curent alternativ	20
Cap. 4. Aparat pentru comandă manuală	22
A. Întrerupătoare și comutatoare cu pîrghie	22
B. Întrerupătoare și comutatoare-pachet	24
C. Întrerupătoare și comutatoare cu came	24
D. Separatoare	27
E. Întrerupătoare de sarcină	27
F. Întrerupătoare cu siguranțe	28
G. Prize și fișe industriale	28
H. Comutatoare stea-triunghi	30
I. Inversoare de sens	30
J. Autotransformatoare de pornire	31
K. Reostate de pornire și reglare	31
L. Reostate de excitație	32
M. Controlere	33
N. Aparat pentru instalații casnice și semiindustriale	33

1. Aparate de racord la rețea (prize, fișe, cuple)	34
2. Aparate de conectare (întreruptoare și comutatoare)	37
3. Aparate de protecție (siguranțe și întreruptoare automate)	37
Cap. 5. Aparate de protecție	39
A. Supracurenți	39
B. Supratensiuni	41
C. Relee și declanșatoare	41
1. Relee termice	43
2. Declanșatoare electromagnetice	45
3. Declanșatoare de tensiune minimă	46
D. Siguranțe fusibile	46
1. Tipuri constructive	47
2. Tipuri funcționale	48
3. Reguli de exploatare	51
p. 6. Aparate pentru comandă automată	53
A. Contactoare și ruptoare	53
1. Principiul de funcționare	53
2. Tipuri constructive și mărimi caracteristice	54
3. Probleme de exploatare	56
B. Combinații de contactoare cu releu	57
C. Întreruptoare automate de joasă tensiune	59
1. Principiul de funcționare	59
2. Tipuri și caracteristici constructive	61
D. Aparate antigriutanoase și antiexplozive	63
E. Măsurile de protecție a muncii în construcția și exploatarea aparatelor	65
1. Măsurile privind construcția aparatelor	65
2. Măsurile privind exploatarea aparatelor	66
Cap. 7. Aparataj auxiliar pentru acționări industriale și automatizări	68
A. Butoane de comandă	68
B. Chei de comandă	70
C. Lămpi și casete de semnalizare	70
D. Limitatoare de cursă	70
E. Microîntreruptoare	72
F. Întreruptoare trasee (Relee Reed)	74
G. Relee intermediare	75

Cap. 8. Aparate electrice de înaltă tensiune	76
A. Separatoare	76
B. Separatoare de sarcină	78
C. Întreruptoare automate	79
1. Generalități	79
2. Întreruptoare automate cu ulei puțin	80
3. Întreruptoare automate cu aer comprimat (pneumatice)	82
4. Întreruptoare automate cu hexafluorură de sulf	86
5. Întreruptoare automate cu rupere în vid	86
D. Contactoare de înaltă tensiune	87
E. Siguranțe fusibile de înaltă tensiune	88
F. Eclatoare și descărcătoare	88
1. Eclatoare	89
2. Descărcătoare tubulare	89
3. Descărcătoare cu rezistență variabilă	89
G. Bobine de reactanță	91
Partea a doua. AUTOMATIZĂRI	93
Cap. 9. Noțiuni generale privind automatizările și sistemele de reglare automată	93
A. Obiectul și importanța automatizării în condițiile progresului tehnico-științific	93
1. Obiectul și funcțiile automatizării	93
2. Avantajele automatizării producției	94
3. Dezvoltarea automatizării în condițiile progresului tehnico-științific	95
B. Noțiuni generale despre sistemele de reglare automată (SRA)	96
1. Obiectul reglării automate	96
2. Mărimi caracteristice pentru sistemele de reglare automată	96
3. Elementele unui sistem de reglare automată	98
4. Schema funcțională a unui SRA. Exemple de sisteme de reglare	100
C. Clasificarea sistemelor de reglare automată	104
Cap. 10. Elementele sistemelor de reglare automată	107
A. Traductoare	107
1. Noțiuni generale	107
2. Caracteristicile generale ale traductoarelor	107
3. Clasificarea traductoarelor	109
4. Exemple de traductoare	111

B. Amplificatoare	118
1. Noțiuni generale	118
2. Clasificarea amplificatoarelor	118
3. Caracteristicile generale ale amplificatoarelor electrice	118
4. Exemple de amplificatoare utilizate în schemele de automatizare	116
C. Reglatoare	119
1. Noțiuni generale. Elementele componente ale regloarelor automate	119
2. Clasificarea regloarelor	120
3. Reglatoare cu acțiune continuă linară	122
4. Reglatoare unificate și sisteme unificate de reglare automată	126
D. Elemente de execuție	131
1. Noțiuni generale	131
2. Principiul de funcționare	132
3. Clasificarea elementelor de execuție	133
4. Elementele de execuție electrice	134
5. Elementele de execuție pneumatice și hidraulice	134
Cap. 11. Telemecanică	137
A. Definiții și noțiuni generale	137
B. Funcțiile sistemelor telemecanice și principiul de realizare a acestora	138
C. Structura aparaturii de telemecanică	140
D. Sisteme telemecanice fabricate în țară	141